

Предотвращение снижения плодородия почвы за счет использования систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии актуальная задача сегодняшнего дня

Осадчий Г.Б., инженер

Существует и предлагается много различных методик расчета и показателей эффективности производства энергии, в том числе при использовании экологически более чистых технологий её генерирования.

Однако все эти методики и показатели обходят стороной (не учитывают) воздействие технологических переделов на основу основ **физиологического существования человека — поверхностный слой почвы.**

Оценка систем и установок энергетики возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в сравнении с традиционной энергетикой по приведенным затратам, сроку окупаемости — это не тот единственный критический показатель, по которому можно судить об эффективности использования ВИЭ, поскольку кроме всего прочего её системами и установками вырабатывается «зеленая» энергия, не приводящая к снижению плодородия почвы. В этом показателе также заложена неопределенность — изменение цены «энергоемкости» при низком коэффициенте использования установленной мощности, изменении КПД в течение срока службы проекта (системы, установки) и т.д. Кроме того в нем (показателе) как и в остальных, не находят свое отражение дополнительные социально-экологические преимущества получаемые при использовании систем и установок энергетики ВИЭ. А ведь известно, что российские и зарубежные оценки прямых социальных-экономических **затрат**, связанных, с вредным воздействием электростанций, вырабатывающих электроэнергию за счет сжигания органического топлива: включая болезни и снижение продолжительности жизни людей; оплату медицинского обслуживания, потери производства, **снижения плодородия почв, а значит и урожая в обозримом будущем, восстановления лесов** и ремонт зданий в результате загрязнения воздуха, воды и почвы дают величину, **добавляющую около 75 % мировых цен** на топливо и энергию. По источнику [1] **эти затраты для угольных ТЭС выше.**

Кроме того, сравнительную экономическую оценку (энергоемкость), например, теплоснабжения от сжигания дров и солнечной энергии, очень трудно привести к одному знаменателю. Ведь экономические потери от вырубки леса выражаются в уменьшении продуцирования кислорода, поглощения вредных газов, насыщения воздуха фитонцидами и т.д. Лес дает 40 % кислорода земной атмосферы, а океан 60 %. Охранно-защитные и рекреационные функции лесов, само собой, разумеется, являются не перевозимыми.

В свою очередь конкурентноспособность — экономическая эффективность систем энергетики ВИЭ напрямую зависит от показателя децентрализации потребителя энергии — чем удаленнее потребитель от основных магистралей, и чем меньше энергопотребление, тем более выгодно освоение систем работающих от ВИЭ. В этой связи может быть использовано много методик и показателей оценки эффективности использования ВИЭ в сферах сельскохозяйственного производства, быта, отдыха и т.д. не обращаясь к критерию конкурентноспособность.

Опираясь на эти положения, рассмотрим работу отдельно взятой системы или установки энергетики ВИЭ.

Экономическая эффективность подобных систем и установок, обычно складывается из социального, экономического и экологического эффектов, или из социально-эколога-экономической эффективности.

С учетом приведенных критериев рассмотрим дополнительную эколого-социально-экономическую эффективность системы энергетики ВИЭ связанную с сохранением плодородия почв, по сравнению с традиционным энергоснабжением от топливной энергетики и самозаготовок на селе местных видов топлива.

При определении для зональной экосистемы эколого-социально-экономической эффективности любой из технологий энергетики ВИЭ, нельзя пренебрегать, дополнительными показателями приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура предотвращенного снижения плодородия почвы за счет использования отдельно взятой системы и установки энергетики ВИЭ

Рисунок 1 содержит основные составляющие предотвращения снижения плодородия почвы почти каждой, отдельно рассматриваемой технологии энергетики ВИЭ, без учета распространения на зональную экосистему многогранных социальных и вторичных (сопутствующих) экономических эффектов (результатов).

Как видим народнохозяйственный эффект использования любой технологии энергетики ВИЭ, может состоять не только в производстве электроэнергии, холода и теплоты, но и в **сохранении** при этом плодородия почвы (в том числе за счет использования зимой биометана). Это — **принципиальное** преимущество энергетики ВИЭ, и его необходимо учитывать при определении эффективности использования её технологий по сравнению с установками, использующими органическое топливо.

Ведь при сохранении плодородия почв не возникает (не растёт) в этой сфере, если можно так выразиться, гумусный «предпродовольственный долг поколения», который не так уж и мал, если учитывать современные темпы опустынивания.

Поэтому **основной** полезный результат от использования энергетики ВИЭ в этом ракурсе может быть представлен в виде суммы слагаемых

$$V = V_1^x + V_2^x,$$

где V_1^x — полученная «зеленая» энергия; V_2^x — предотвращенный ущерб от деградации почвы (сохраненный гумус) при получении «зеленой» энергии.

Методологию оценки эффективности энергоснабжения в части V_1^x можно свести к сравнению с соразмерными установками, вырабатывающими для него, электроэнергию и ЛЭП и т.п.

Это равенство, с соответствующей корректировкой, применимо ко всем технологиям использования ВИЭ. Оно позволяют учесть принципиальную особенность ВИЭ — **возобновляемость**. Обычно при сравнении энергоустановок, использующих ВИЭ и органическое топливо, учитывается тождество сопоставимых вариантов в части V_1^x . Например, считается, что гелиоустановка эффективна, если затраты на неё не превышают затраты на топливо, которое израсходует установка такой же мощности на органическом топливе. **А такое преимущество при использовании, например, энергии Солнца в системах с солнечными соляными прудами, как сохранение гумуса, остается вне поля зрения.**

Конечно, если рассматривать часть систем энергетики ВИЭ, использующих для аккумуляции электрической энергии электрические батареи, то необходимо учитывать негативное воздействие на почву утечек свинца из электрических батарей, которая наносит несравнимо больший вред, например, здоровью людей, чем выхлопные газы автотранспорта. Так из батарей электромобиля выделяется в атмосферу в шесть раз больше свинца, чем от обычной автомашины, двигатель которой работает на не очищенной от свинца бензине. Если учесть, что даже незначительное количество свинца отрицательно влияет на мозг детей, то легко

представить, что ждет человечество, если в состав ФЭС и ВЭУ будут входить сотни свинцовых электрических батарей, а сами эти станции и установки будут расположены на прилегающих территориях или рядом с посевами.

Экономия ресурсов Земли становится все более важной задачей, и учет многогранных последствий от их сохранения, несомненно, будет давать более объективную оценку эффективности использования ВИЭ и энергосбережения.

Народнохозяйственный эффект от сохранения гумуса в земле при использовании ВИЭ можно оценивать как

$$\mathcal{E} = k_{\text{пот}} \times V_{\text{T}} \times \text{ц, руб.}$$

где V_{T} — количество гумуса сэкономленного в экосистеме которое раньше расходовалось на выращивание растительной продукции, используемой в качестве топлива при самозаготовке, в год; $k_{\text{пот}}$ — коэффициент учитывающий прирост первичного гумуса при нахождении «пашни под парами» ($k_{\text{пот}} \gg 1$); ц — удельная оценка (цена) сохранения гумуса в почве.

При определении эффективности системы энергетики ВИЭ требуется также учет и анализ расхода не только денежных ресурсов (капитальных вложений, текущих затрат), но также сырьевых — экономия удобрений, чистой воды на полив, а значит сопутствующих им топливных, транспортных, материальных и трудовых ресурсов в натуральном выражении, изменения которых для сравниваемых вариантов надо определять последовательно.

Солнечная энергия является экологически чистым видом топливно-энергетического ресурса, что необходимо учитывать в виде экологического эффекта. Воздействие выбросов (CO_2) при сжигании биометана на окружающую среду условно принимаем **нулевым**, поскольку в природных условиях из органической биомассы (отходов), которая обеспечила получение биометана в биореакторе, в атмосферу за счет естественного брожения выделился бы биометан. А вот преобразование органических отходов в биометан и удобрения необходимо учитывать в виде экологического эффекта, уменьшающего загрязнение почвы и окружающей среды далеко не безвредными концентрированными отходами животноводства.

Использование биометана не требует очистных сооружений для биогазовых установок энергетики ВИЭ (очистка биогаза от вредных газов осуществляется в технологическом цикле биогазовой установки).

Поэтому экологический эффект $\mathcal{E}_{\text{ЭК}}$ (руб.) может быть учтен как **предотвращенный** ущерб благодаря отсутствию вредных сбросов в почву и выбросов в результате использования солнечной энергии системой (дезинфекция отходов животноводства при получении биометана условно не учитывается).

$$\Delta_{\text{ЭК}} = \sum_1^t [N_{\text{ВЫБ}}^{\text{АТМ}} \times (\pm y^{\text{АТМ}}) + N_{\text{ВЫБ}}^{\text{ПОЧВ}} \times (\pm y^{\text{ПОЧВ}}) + N_{\text{ВЫБ}}^{\text{ВОД}} \times (\pm y^{\text{ВОД}})] \times B$$

где $N_{\text{ВЫБ}}^{\text{АТМ}}$, $N_{\text{ВЫБ}}^{\text{ПОЧВ}}$ и $N_{\text{ВЫБ}}^{\text{ВОД}}$ — количество вредных выбросов различных видов t в атмосферу, почву и воду соответственно, при сжигании 1 т топлива; $y^{\text{АТМ}}$, $y^{\text{ПОЧВ}}$ и $y^{\text{ВОД}}$ — удельный ущерб от этих выбросов в атмосфере, почве и воде (минус это когда выбросы положительно влияют, например, на почву — для известкования кислых почв и удобрения используется зола, которая имеет полезные микроэлементы и соединения калия).

Удельный ущерб ($y^{\text{АТМ}}$) при одинаковых выбросах в атмосферу для каждой экосистемы свой, он зависит от предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ $\chi_q^{\text{АТМ.г}}$, которые зависят от двух факторов:

$$\chi_q^{\text{АТМ.г}} = f(G_q^{\text{АТМ.г}}, \Gamma_q^{\text{АТМ.г}}),$$

где $\chi_q^{\text{АТМ.г}}$ — предельно допустимый выброс в q -вещества в атмосферу $г$ -пункта; $G_q^{\text{АТМ.г}}$ — предельно допустимая концентрация q -вещества в атмосфере $г$ -пункта; $\Gamma_q^{\text{АТМ.г}}$ — метеорологический коэффициент разбавления q -вещества в воздухе $г$ -пункта (если котельная расположена на берегу моря, то днем, когда дуют морские бризы (ветер с моря на сушу) будет «закрываться» выбросами одна и та же часть суши, что резко уменьшает фотосинтез. На удалении от берега ветер часто меняет направление, из-за этого удельный ущерб за счет разбавления будет другим);

Считается, что оба фактора в большинстве случаев количественно известны. Задача стоит в определении достаточно обоснованных величин $\chi_q^{\text{АТМ.г}}$. От достоверности этих показателей, зависит надежность расчетов.

Также можно определять удельные ущербы $y^{\text{ПОЧВ}}$ и $y^{\text{ВОД}}$, при этом при одинаковых выбросах в почву и воду для каждого вида почв и водного объекта они будут свои в зависимости от коэффициентов разбавления и т.д.

Аналогично можно определять экологический эффект $\Delta_{\text{ЭК.С.Д.}}$ как предотвращенный ущерб почве благодаря уменьшению вредных выбросов при создании и добыче и транспортировке энергоносителя.

При оценке ущерба водным объектам можно исходить из уровня содержания растворимого кислорода (РК) в воде и органических отходов.

Так же как и при загрязнении **почвы** и воздуха, почти нет предела разнообразию загрязнителей, которые могут сбрасываться, и сбрасываются в **водную среду**. Это термальные и радиоактивные загрязнители; производящие изменения в качестве окружающих вод. Они имеют различные последствия для человека и живого мира, тем самым сокращая ценности, которые могут быть прямо или, косвенно получены человеком из окружающей среды. Основные источники органических разлагаемых загрязнителей вод — это промышленность, ТЭЦ, ТЭС, сельское хозяйство, бытовое хозяйство и слив дождевых вод в городах. Если сброс органических

загрязнителей в конкретном месте не слишком большой, содержание РК в реке (водоеме) сначала уменьшается до определенного уровня, а затем снова восстанавливается (при условии, что не происходит других сбросов по течению реки). А если объем сброшенных в воду органических веществ, превышает определенный уровень, процесс их разложения может привести к истощению РК.

Ущерб от многих промышленных стоков очень высок — содержание кислорода в воде резко снижается, т.к. эти стоки часто имеют **биологическую потребность в кислороде** намного выше, чем коммунально-бытовые стоки.

Высокие уровни РК — от 7 до 8 частей на миллион (мг/л) — необходимы для некоторых важных сортов рыбы (8 – 10 мг/л — стадия насыщения кислородом в большинстве рек и озер России в летний период). Для большинства же рыб более низкие уровни кислорода — 4 – 5 мг/л — вполне подходящие для жизненного цикла. Однако при уровне РК ниже 2 – 3 мг/л могут выживать только карп и некоторые другие не столь ценные сорта рыбы.

Кроме уменьшения РК как такового, сброс органических отходов может иметь и другие нежелательные последствия для водных источников. В ходе их разложения образуются питательные вещества для водорослей, и стимулирующие их рост. Опасность чрезмерного роста водорослей и эвтрофикации водоемов — одна из наиболее трудноразрешимых задач в управлении качеством водной среды, особенно в озерах, заливах и эстуариях.

Неразлагаемые загрязнители вод не перерабатываются речной биотой. Для большинства из этих загрязнителей единственные существенные изменения, которые могут происходить в поверхностных водах — растворение и осаждение, в подземных водах — осаждение и абсорбция. Эта группа состоит из различных неорганических химикатов, включая тяжелые металлы, частицы почвы и разные типы коллоидных веществ. Когда все эти вещества накапливаются в достаточно больших объемах, они могут оказаться ядовитыми по отношению к некоторым формам жизни, привести к помутнению вод, породить неприятные запахи, увеличивать жесткость воды и, особенно в присутствии хлоридов, вызывать коррозию металлов.

Вода, в ряде случаев становится непригодной для **орошения и полива**, причем, не только, для выращиваемого урожая, но её гнилость наносит ущерб почве снижая её плодородие в будущем, выводя целые поля из севооборота.

Как видно из анализа определяющих экологическую эффективность показателей, использование ВИЭ позволяет существенно уменьшить нагрузку на биосферу, понизить эргодемографический индекс территории.

Однако, природа слишком сложна чтобы можно было однозначно утверждать, что ущерб можно **достоверно** определять по таким простым параметрам, и вот почему. Потенциальное генетическое разнообразие особей внутри любого вида животных и растений равно 10^{50} .

Приблизительно тем же числом ($10^{45} - 10^{48}$) оценивается количество всевозможных вариантов окружающей эти виды среды. Любой практически неповторимый организм может попасть во все многообразие ситуаций среды жизни, не только абиотической, но и внутри своего вида (в микропопуляциях, популяциях), а также внутри минузии, консорции, биоценоза. Даже если считать несущественной генетическую разнокачественность организмов, а пытаться управлять лишь средой жизни, то в каждый из моментов придется перебирать около 10^{50} вариантов. Для управления необходимо знать то, что есть сейчас и что будет в ближайшем и отдаленном будущем, то есть если принять на себя прогноз развития природных систем, то число вариантов безмерно возрастает.

Вот наглядный пример тому, что способность экосистем к самоочищению и самовосстановлению неоднозначна.

На Крайнем Севере самоочищение рек происходит фактически на расстоянии до 2000 км от источника загрязнения, в то время как в умеренной зоне этот процесс может завершиться всего в пределах 200 – 300 км.

И в тоже время, определенный интерес представляет использование отходов сжигания, например, угля, торфа и сланцев. Зола угольная и сланцевая широко используется для раскисления почв и производства углекислотных (удобрений) стимуляторов роста растений. Зола подмосковных углей содержит 37 – 38 % окиси алюминия, а нефелиновый концентрат кольских апатитовых месторождений — всего 29,5 %. Зола торфа востребована в фармакологии.

Эффект от использования этих отходов (угля, сланцев) может быть учтен следующим образом (если на них есть покупатель)

$$Э_{отх} = V_{уг} \times \frac{C_з \times C_{отх}}{C_з} \times k_{зам}, \text{ руб.}$$

где $V_{уг} = V_{уг.т} + V_{уг.тр}$ (т) — годовая экономия угля в натуральном выражении ($V_{уг.т}$ — экономия угля при получении энергии; $V_{уг.тр}$ — экономия угля за счет отказа от транспорта высвобожденного угля $V_{уг.т}$); $C_з$ — цена заменяемого сырья, массой равной количеству отходов образовавшихся, при сжигании 1 т угля (сланца), руб./т; $C_{отх}$ и $C_з$ — содержание полезного компонента соответственно в отходах и в заменяемом кондиционном сырье, %; $k_{зам}$ — коэффициент замены.

При сооружении, например, для системы энергоснабжения котлованов под солнечный соляной пруд и котлован со льдом верхний плодородный слой земли (чернозём, гумус) может быть продан, а значит эффект от его реализации будет снижать стоимость системы энергетики ВИЭ. А если он будет использован для улучшения плодородия почвы собственника системы энергетики ВИЭ, то годовой эффект от этого будет выражаться в повышении урожая выращиваемых культур, компенсируя уменьшение площади участка, использованной под пруд и котлован.

При использовании солнечной энергии, энергии воды/льда и биометана отсутствуют риски, возникающие, например, при использовании

угля, сжиженного газа, мазута, когда при их доставке возможно проникновение, закрепление или распространение вредных организмов (в том числе колорадских жуков, саранчи), заболеваний, переносчиков болезней или болезнетворных организмов, а также сорных растений транспортными средствами. Не нужны обязательные и дорогостоящие, при их надлежащем исполнении, ветеринарно-санитарные и фитосанитарные меры и процедуры.

В качестве примера важности фитосанитарного контроля можно привести следующий факт, правда, не касающийся поставок топлива.

В июле 2012 г. в Омскую область на Лузинский комбикормовый завод доставили партию шрота соевого из Приморского края железнодорожным транспортом, в которой специалистами Россельхознадзора при проведении карантинного фитосанитарного досмотра партии были обнаружены семена амброзии полыннолистной. Вес груза — 126 тонн. Данный сорняк опасен как для растений (амброзия засоряет все полевые культуры, подавляя их рост и развитие), так и для здоровья человека. В период цветения сорняк выделяет огромное количество пыльцы, которая, попадая в организм человека, вызывает аллергию. Чтобы предотвратить распространение этого сорняка по области, было принято решение отправить засоренные партии шрота соевого на промышленную переработку, в ходе которой семена карантинного сорняка будут лишены жизнеспособности.

Поэтому ветеринарно-санитарный эффект $\mathcal{E}_{в-с}$ может быть учтен как предотвращенный ущерб благодаря отсутствию завоза топлива, а с топливом вредных организмов и переносчиков болезней, сорных трав при использовании системами солнечной энергии и биометана:

$$\mathcal{E}_{в-с} = \sum_1^{\xi} N_{в-с} \times y \times B, \text{руб.}$$

где $N_{в-с}$ — количество вредных живых существ, сорных растений различных видов ξ , могущих проникнуть на территорию, при завозе 1 т топлива; y — удельный ущерб от этих вредных живых существ и сорных растений различных видов ξ .

Кратко перечислим некоторые факты [2], которые подтверждают обоснованность приведенных в разноцветных рамках на рисунке 1 утверждениях, и нераскрытых далее, в виде математических зависимостей, которые (факты) также будут их (зависимости) дополнять и разъяснять.

При нынешних темпах развития цивилизации не получается резервировать слишком большие участки Природы и тратить на её охрану слишком много средств, т.к. это приводит к большим экономическим потерям для общества. На рисунке 2 изображены вероятные сценарии развития общества (территории) в зависимости от отношения к экологии.

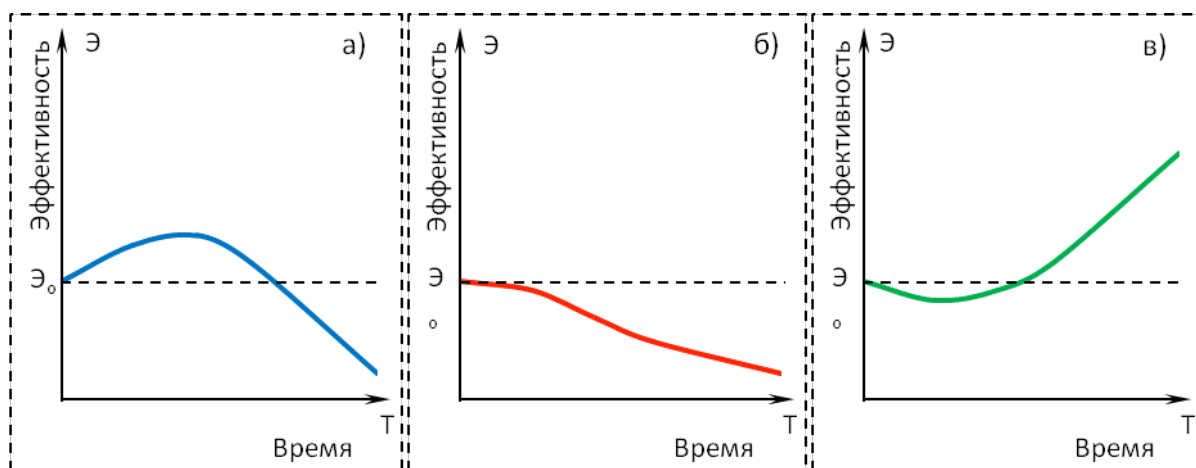


Рисунок 2 – Гипотетическое изменение эффективности общественного производства во времени по Н.Э. Смирнову

а) – при полном отсутствии каких-либо экологических требований к производству; б) – при запрещении всякого загрязнения окружающей среды; в) – при наличии технологического базиса, обеспечивающего удовлетворение общественных потребностей (сознательно ограниченных обществом в пользу чистой окружающей среды) и являющегося наиболее «чистым» из возможных, в экологическом смысле.

Как видно из рисунка 2 эффективное развитие общества на долгосрочную перспективу возможно только при добровольном отказе его членов от погони за одними только материальными ценностями.

Резкое ухудшение экологической обстановки в России связано с тем, что многие выбрасываемые в окружающую среду вещества, в том числе канцерогенные, в форме твердых частиц или в растворенном состоянии накапливаются в ней. В связи с этим на установленные сегодня уровни предельно-допустимых концентраций (ПДК) постоянно ориентироваться нельзя. Для поддержания качества окружающей среды на приемлемом уровне необходимо через все более суживающиеся отрезки времени **изменять ПДК в сторону ужесточения**, что, не практикуется.

Более 99 % всех выбросов ТЭС поступает в атмосферу из высоких дымовых труб, создавая «пятнами» наибольшие приземные концентрации на расстоянии нескольких километров от ТЭС в зависимости от скорости ветра и его направления.

В настоящее время самым мощным источником поступления естественных радионуклидов в окружающую среду являются объекты ТЭК на органическом топливе — угле, сланце, нефти. При сгорании органического топлива в атмосферу с дымовыми выбросами поступают радиоактивные элементы ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th и продукты их распада. При зольности угля 10 % и коэффициенте очистки образующейся золы — 0,975 объекты ТЭК, согласно расчетным данным, выбрасывают в атмосферу за год, Гбк: 4,0 — ^{40}K , 1,5 — ^{238}U и ^{226}Ra , 5,0 — ^{210}Pb и радония-210, 1,5 — ^{232}Th с продуктами их распада. В действительности объекты ТЭК дают более высокое значение выбросов естественных радионуклидов в окружающую среду. Эффективная эквивалентная доза в результате выбросов угольной ТЭЦ существенно (в 5 –

40 раз) больше, чем АЭС равной мощности, даже если принять коэффициент очистки выбросов золы ТЭЦ равным 0,975. А очистка дымовых газов это дорогое удовольствие — капитальные затраты на сооружение блоков очистки дымовых газов при переводе ТЭС с газа на уголь составляют 186 – 264 тыс. \$ на 1 МВт установленной мощности.

Кроме того уголь чрезвычайно грязен, его добыча опасна и наносит вред, окружающей среде, т.к. при его сжигании выделяется больше CO_2 на единицу полученной энергии, чем от других ископаемых видов топлива. Существует значительное нарушение почвенного покрова при добыче угля. Хороший, «экспортный» уголь часто дефицитен. Так, в Омске его можно приобрести только с мая по август. А при растопке печей с рядовым углем чрезмерное использование дров приводит к тому, что большая часть горючей массы (летучие вещества) угля просто возгоняется и выносится с продуктами сгорания дров, т.е. много энергии бесполезно уходит в трубу. И только при использовании высококачественного сортового угля можно сократить в 2 раза количество дров при растопке, т.к. качество угля гарантировано и постоянно. В ряде случаев необходим подогрев угольный пыли перед сжиганием. А хранение угля приводит к значительным его потерям. Явление самопроизвольного возгорания угля при хранении имеет довольно широкое распространение. Основной причиной этого является адсорбция углем кислорода и повышение его температуры за счет процессов окисления (медленного горения).

По оценкам специалистов Института проблем рынка РАН, **прямой годовой экономический ущерб**, вследствие, негативных антропогенных воздействий на окружающую среду в России **в середине 90-х годов составлял порядка 10 % от величины ВВП.**

На государственном уровне годовой экономический результат R_r от энергетики ВИЭ может проявляться в стоимости сохраненных для будущих поколений природных ресурсов $\Delta D_{\text{пр.р}}$ (нефти, угля, газа), в возможном увеличении прибыли от продажи экспортно-ориентированных видов природных ресурсов $\Delta \Pi_{\text{эксп}}$, а также в выручке от продажи квот на выброс парниковых газов (CO , CO_2) в соответствии с Киотским протоколом ($\text{ОП}_{\text{кв}}$):

$$R_r = \Delta D_{\text{пр.р}} + \Delta \Pi_{\text{эксп}} + \text{ОП}_{\text{кв}},$$

$$\text{где } \Delta D_{\text{пр.р}} = C_{\text{пр.р}} Q_{\text{пр.р}}; \quad \Delta \Pi_{\text{эксп}} = C_{\text{эксп.пр.р}} Q_{\text{эксп}} - Z_{\text{эксп}};$$

$$\text{ОП}_{\text{кв}} = KB \times m;$$

$C_{\text{пр.р}}$ — цена единицы природных ресурсов; $Q_{\text{пр.р}}$ — количество сберегаемых природных ресурсов; $C_{\text{эксп.пр.р}}$ — рыночная цена экспортируемого природного ресурса; $Q_{\text{эксп}}$ — объем (масса) экспортируемого ресурса; $Z_{\text{эксп}}$ — затраты, связанные с экспортом; KB — цена на выброс единицы парникового газа; m — масса выброса загрязняющих веществ, передаваемых по Киотскому протоколу другим странам.

Кроме этого в этот годовой экономический эффект должны включаться выгоды, связанные с пропорциональным уменьшением образования отходов.

Сейчас часть мирового сообщества обеспокоенная выбросами CO₂ усиленно пропагандирует использование биомассы. Мотивация — при сжигании биомассы действительно выделяется CO₂, но он ранее был поглощен растениями из атмосферы. Поэтому биомасса считается нейтральной с точки зрения выбросов CO₂ при условии возобновления зеленых насаждений в достаточном объеме.

Однако, не все так просто и здесь. Использование биомассы в качестве энергоресурса биологи считают следствием невежества, ибо изъятие биомассы из общей цепи взаимосвязанных биопроцессов на Земле нарушает равновесие биосистемы (продуктивности зональных экосистем), что может повлечь за собой непредсказуемые негативные последствия. Например, если в лесу старое дерево падает и гниет, то на его месте вырастает новое такое же дерево. Но если упавшее дерево убирают из леса, то вследствие истощения почвы второе дерево будет хуже первого, третье второго и так далее.

Нетронутая тайга сохраняется тысячелетиями, а систематическая рубка деревьев превращает могучие леса в чахлое редколесье (лесостепи), лесостепи в степи и так далее. То же самое происходит и при культурном земледелии: Ежегодное удаление с полей не только урожая, но и соломы снижает плодородие почвы, её природно-ресурсный потенциал. Его приходится восстанавливать внесением искусственных удобрений, затраты энергии на производство которых превосходят количество энергии, получаемой от использования соломы в энергоустановках.

Кроме этого для исключения распространения пыли от промышленных предприятий, ТЭЦ, ТЭС и т.д. **необходимо** восстанавливать леса, а не пропагандировать использование древесины в качестве возобновляемого органического топлива, и вот почему.

Листовая поверхность в 1 м² задерживает 1,5 – 3,0 г пыли. Корневая система растений закрепляет почву и тем самым уменьшает площадь, которая может быть источником запыления среды.

Зеленые насаждения на площади в 1 га за год очищают воздух от 50 – 70 т пыли, уменьшая её концентрацию на 30 – 40 %.

Пыль в лесу, высота которого 23 м, распространяется следующим образом: до 100 м вглубь леса — 65 %, до 400 м — 38, до 1000 м — 25, до 2000 м — 10, до 3000 м — 5 %.

Зелень на улицах города может в 2 – 3 раза снизить запыленность атмосферы по сравнению с улицами без зелени. Распространению или движению пыли препятствуют не только деревья и кустарники, но и газоны,

которые задерживают поступательное движение пыли, перегоняемой ветром из различных мест.

Пылезадерживающие свойства различных пород деревьев и кустарников неодинаковы и зависят от морфологических особенностей листьев. Лучше всего задерживают пыль шершавые листья, а также с поверхностью, покрытой ворсинками. Гладкие, глянцевые листья осины и тополя бальзамического задерживают в 6,3, а дуба в 2,3 раза меньше пыли, чем шероховатые листья вяза. На верхушке вяза высотой 13 м пыли остается в 8 раз меньше, чем на высоте 1,5 м. Это объясняется сдуванием пыли ветром и смыванием её дождем с вершин деревьев. Ежегодно фильтруется сквозь кроны еловых древостоев 32 т, сосновых — 36 т, дубовых — 54 т, а сквозь кроны буковых древостоев — до 68 т пыли. Березняки за вегетационный период сдерживают 1 – 2,3 т пыли. Молодые тополевые насаждения, в которых на 1 га приходится всего 400 деревьев, способны собирать на листьях в течение того же периода около 340 кг пыли.

Для пылезащитных посадок целесообразно применять кроме лиственных также устойчивые хвойные растения — ель колючую и белую, сосну черную, можжевельники — обыкновенный, вергинский. На единицу массы хвои оседает пыли примерно в 1,5 раза больше, чем на единицу массы листа. Кроме того, в зимнее время эффективность хвойных посадок намного выше, чем лиственных.

Лес отфильтровывает из воздуха даже радиоактивную пыль. Установлено, что листья и хвоя деревьев могут захватывать до 50 % этой пыли, защищая посевы от радиоактивных загрязнений. Пылезащитные полосы могут задерживать содержащиеся в воздухе радиоактивные аэрозоли, снижая плотность загрязнений полей и пастбищ.

Зональные экосистемы равномерно изменяются по природным зонам РФ, и характеризуются интенсивностью биогеохимических процессов в окружающей среде. **Поддержание этих процессов на типичном для природной зоны уровне является важным условием нормального функционирования природных систем, сохранения их устойчивости.** Продуктивность в экологических исследованиях отражает скорость образования органического вещества в процессе усвоения живыми организмами (главным образом, зелеными растениями) лучистой энергии Солнца. При этом она выступает как результат совокупного воздействия на биоту различных факторов: **солнечного излучения, газового состава атмосферы, водного режима, минерального состава почв.** Трансформация этих факторов под влиянием антропогенной деятельности, меняя интенсивность природных процессов, отражается на продуктивности зональных экосистем. Причем любое неконтролируемое изменение зональной продуктивности экосистемы (природных комплексов) в конечном счете, ведет к её деградации.

Даже искусственное повышение продуктивности зональных экосистем за счет трансформации в сельскохозяйственные угодья, вызывая рассогласование эволюционно сложившихся биогеохимических процессов, приводит к нежелательным социально-экономическим последствиям. Так, расширение площади пахотных земель в лесостепной зоне Сибири послужило причиной активизации эрозионных процессов. В настоящее время более 6 млн га пахотных угодий зоны эродировано. Наиболее угрожающие размеры эрозия приобретает в Алтайском крае, Новосибирской и Кемеровской областях. Как, видим — **это экологическое бедствие вызвано; не вредными выбросами, а желанием «бесплатно» взять от природы много и сразу.**

Расчеты, выполненные Ю. Одумом, свидетельствуют, что человек не должен стремиться получать более $\frac{1}{3}$ «валовой» (или половины «чистой») продукции экосистемы, если не в состоянии компенсировать те «механизмы самообслуживания», которые развились в природе. Только в этом случае можно обеспечить долговременное поддержание продуктивности в природных системах. **Таким образом, ориентация планирования на показатели продуктивности зональных экосистем является необходимым условием оптимизации использования природно-ресурсного потенциала регионов.** Это позволит не только предвидеть возможные изменения качества природной среды, но и принимать меры по предотвращению её деградации, основываясь на зональных особенностях воспроизводства биологических ресурсов. Это ещё раз убедительно подтверждает правоту В.И. Вернадского, в том, что именно **биологические, а не физико-химические и геологические закономерности определяют темпы и масштабы трансформации вещества и энергии в природной среде.**

Решением самого нижнего уровня жизнеобеспечения, как отдельного человека, так и мирового сообщества является решение проблемы голода.

Поскольку экологически чистые продукты можно получить только на землях, не отравленных золой ТЭЦ, пестицидами, излишним количеством минеральных удобрений, нитратами, то в этой связи на первое место, кроме наличия соответствующей техники, выходит вопрос о ресурсе земли и поддержании её плодородия в настоящее время и на дальнейшие периоды.

Земледельцам и науке давно известно, что одним из важнейших показателей плодородия является содержание в почве органического вещества или гумуса. Чем больше его, тем лучше водный, воздушный и тепловой режимы плодородного слоя земли, тем богаче он основными элементами питания растений, тем активнее в нем идет процесс создания живого, из «неживого».

Известно также, что почва — это живой организм, комплекс микро-и макрофауны (микроорганизмов и почвенных животных) в сочетании с элементами «неживого» минерального и органического вещества,

находящийся в тесном взаимообмене процессе. Почвенная микро- и макрофауна является создателем почв. В числе многих гумифакторов главная роль в этом процессе, несомненно, принадлежит дождевым червям, как массовым животным, мощным землероям и поглотителям почвы.

Вес червей составляет от 50 до 72 % всей биомассы почвы; общее их количество в почве (в период до химизации ее) составляло от 500 тыс. до 20 млн особей/га, а всей биомассы их — от 250 до 10000 кг/га (это в десятки раз больше, чем наземных животных на той же площади). Ведущая роль дождевых червей в процессе почвообразования состоит в следующем. Поглощая вместе с минеральной частью почвы огромное количество мертвых растительных остатков (пожнивных, корневые остатки, опавшие листья), микробов, грибов, водорослей, нематод и прочих органических соединений, эти черви уничтожают и переваривают их.

При этом в пищеварительном тракте червей формируются гумусные вещества. Они отличаются по химическому составу от гумуса, образующегося в почве при участии только микрофлоры. В пищеварительном канале червей развиваются процессы полимеризации низкомолекулярных продуктов распада органических веществ и формируются молекулы гуминовых кислот, которые вступают в комплексные соединения с минеральными компонентами почвы (гуматы лития, калия, натрия, кальция и т.д.), образуя стабильные агрегаты, долго сохраняющиеся в почве. Все это поступает в почву в виде копролитов (копрос — испражнения, литос — камень) — гранул, отличающихся прочностью, водоёмкостью, водостойкостью, гидрофильностью, содержащих огромное количество собственной кишечной микробной флоры, ферментов, витаминов, гормонов, антибиотиков, подавляющих развитие патогенной (болезнетворной) микрофлоры и грибов. Почва обеззараживается и приобретает тот неповторимый и приятный запах земли, который мы привыкли ощущать с детства. В копролитах червей естественных популяций содержится 11 – 15 % гумуса на сухое вещество, а в копролитах культивируемых червей содержится гумуса вдвое больше и составляет от 25 до 35 % на сухое вещество.

«Производство» гумуса происходит ежегодно в огромных количествах. Пик переработки приходится на осень, когда растения в большинстве своем погибают и падают на почву. Вся эта огромная масса мертвых растений, содержащих большое количество различных питательных веществ, достается на переработку, почвенным микроорганизмам и животным — червям, которые перерабатывают их в гумус. Из каждой тонны такого сухого материала образуется 600 кг гумусного органического удобрения, включающего в себя все необходимые минеральные элементы питания для растений, вновь появляющихся, весной. Именно здесь, в почве, свершается это удивительное таинство Природы — появление живого из

неживого с помощью сообщества почвенных бактерий и животных (главным образом червей).

В природе нет других столь мощных гумусообразователей. Создать гумус другими способами пока невозможно. Гумус — это «**хлеб для растений**». В нем сосредоточено 95 % запасов почвенного азота, 60 — фосфора, 80 — калия, содержатся все другие минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии по природной технологии.

Гумус — это «**консервы почвенного плодородия**». Он накапливался и сохранялся в черноземах весь послеледниковый период, т.к. гуматы кальция, магния и других металлов не растворимы и не вымываются из почвы водой, но расходуются только корневой системой растений по мере необходимости. Он создает зернистую структуру почвы, предохраняет её от ветровой и водной эрозии, обеспечивает снабжение растений необходимой для фотосинтеза углекислотой, биологически активными ростовыми веществами.

Плодородие полей напрямую связано с количеством и качеством гумуса в почвах. В знаменитых черноземах Центрального и Северокавказского регионов содержалось 10 – 14 % гумуса, а мощность слоя чернозема достигала 1м.

Исследованиями установлено, что каждый червь ежедневно пропускает, через себя столько почвы, смешанной с остатками растительных тканей, сколько весит сам. Средний вес червя равен 0,5 г. При плотности популяции червей в почве 500 тыс. на 1га (50 шт. на 1 м²) они превращают её в копролиты со скоростью 250 кг/га в сутки. В земледельческой полосе Сибири черви «работают» таким образом, 150 дней в году и обогащают за это время 15 % гумуса 37,7 т почвы на гектар.

Нет таких средств, которые бы могли сравниться с работой, проделываемой на полях червями. Сравниться с земляными червями в этой их благородной деятельности, ничто и никто не может.

Из сказанного видно, что самым естественным признаком здоровья почвы, её плодородия является наличие в ней червей. Чем больше дождевых червей в почве, тем она более функционально здорова.

Продукция полей и огородов, выращенная на такой почве, является экологически чистой (безнитратной, безпестицидной), оздоравливающей организмы всех, кто ею пользуется — животных и людей.

Однако надо иметь в виду и следующее: с почвы полей, садов и огородов мы ежегодно снимаем урожай, унося вместе с ним часть питательных веществ, которые не возвращаются в почву. От недополучения этой части органики почвы истощаются и теряют плодородие. Химические удобрения не могут в полной мере восполнить эту убыль питательных элементов и совершенно не компенсируют потерю гумуса из почвы (этого «хлеба для растений»). Более того, химические удобрения в почве способствуют усилению распада (минерализации) гумуса, они же совместно

с пестицидами травят (убивают) червей — основных производителей гумуса в почве. Переработка мертвых остатков растений в гумус прекратилась, а почвы истощились, перестали быть плодородными. Вот почему нередко случается так, что вывозка навоза на поля не может поднять их плодородия — перерабатывать навоз в почве уже некому.

Использование больших доз химических удобрений, пестицидов, высокоинтенсивных обработок почвы резко сократило, местами до полного исчезновения, в почве количество почвообразующих животных и подорвало процесс гумусообразования. Плодородие почв существенно снизилось. Химические удобрения — **допинг** для почвы. В присутствии минеральных удобрений идет усиленная, минерализация гумуса (разложение его на CO₂ и зольные элементы). Постоянное использование такого допинга в возрастающих дозах преступно, т.к. обрекает все живое на голод и вымирание. На территории бывшего СССР к 1990 г. загублено было таким образом более 150 млн га плодороднейших земель (из 230 млн га пахотных угодий). Сборы зерна на этих безгумусных полях не достигают и 10 ц/га.

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо ежегодно вносить не менее 6 – 7 т навоза на 1 га. Однако имеющееся поголовье скота не могло обеспечить «производство» такого количества, и его вносили в среднем, например, в Ульяновской области не более 4 т на 1 га пашни. Сейчас, когда поголовье скота сократилось в несколько раз, получаемый навоз не может играть решающей роли в поддержании плодородия почвы. Тем более что и то небольшое количество навоза хозяйства не в состоянии вносить. Поэтому баланс питательных элементов почвы стал отрицательным, произошло заметное снижение её плодородия.

Не зря в последнее время для регулирования баланса гумуса, и питательных веществ в качестве ресурсосберегающих систем удобрений, в почву во время уборки зерновых вносят измельченную солому. Использование измельченной соломы позволяет решать хозяйствам актуальнейшую проблему по утилизации малоценной соломы и исключить затраты на её свлакивание, перевозку, скирдование и использовать солому для поддержания плодородия почвы с уменьшением её эрозии и выгорания гумуса. При выходе соломы 2,5 т/га, при выработке одним комбайном за сезон 300 га, он одновременно измельчает 750 т соломы. Внесение такого количества в почву соломы эквивалентно внесению минеральных удобрений на сумму 82500 рублей. Для интенсивного смешивания соломы и почвы (мульчирование полей пожнивными остатками) используют дисковые бороны.

Поэтому биогазовые установки, использующие вырабатываемый биогаз (до 30 %) на технологические нужды (для поддержания температуры в биореакторе), и лишаящие дождевых червей части пищи, нельзя рассматривать как экологически чистые технологии.

А вот сжигание соломы — мера вынужденная. На её уборку с поля по традиционной технологии приходится затрачивать труда и средств значительно больше, чем на уборку основной продукции — зерна.

И ценность многолетних трав не только в том, что они дают высококачественные корма — зеленую массу, сенаж, сено, но также и в том, что в почве остается половина всей органики, которую они могли синтезировать. Это примерно 7 – 8 т абсолютно сухого органического вещества на гектар, хорошо распределенного в верхнем слое почвы. Навоз никогда не ляжет так равномерно, как травы располагают там свои корни. Эти 7 – 8 т органики равноценны внесению 40 т навоза. Органическое вещество отмирает — образуется гумус, носитель плодородия почвы. Вот где источник экологически чистого земледелия и **продовольственной безопасности**.

Мировое сообщество к самым негативным факторам воздействия ТЭК на биосферу относит: выбросы CO₂ (ежегодно количество углекислого газа в атмосфере продолжает увеличиваться на 0,002 %), сжигание кислорода, снижение энергии фотосинтеза за счет загазованности воздуха. А также кислотные дожди, деградация лесов и земель, которые способствуют дальнейшему техногенному опустыниванию. **В целом в мире глобальное сокращение лесов в 18 раз опережает их восстановление.**

В связи с этим резко снизилась и продолжает снижаться первичная биопродуктивность (количество органических веществ, производимых в биосфере). **Происходит глобальная деформация окружающей среды.** Уменьшаются пахотные земли под выращивание продовольственных культур.

Сохранение этих тенденций представляет большую экологическую угрозу.

Использование энергетики ВИЭ, в том числе в качестве вторичного инструмента, для обеспечения бесперебойной «обработки» почвы сегодня выходит на одно из первых мест. Это связано с тем, что экономические потери **при отсутствии** бесперебойного энергоснабжения, например, в сельском хозяйстве, сродни потерям, которые будут наблюдаться на любом производстве **непрерывного цикла**, будь то металлургический цех (завод) или, например, нефтеперерабатывающая установка при отключении электроэнергии. В силу **биологических особенностей** сельскохозяйственного производства восполнить в таких случаях потери продукции нельзя ни за счет сверхурочной работы, ни за счет форсированных режимов. Потерь продукции можно не допустить только путем ввода дополнительных производственных мощностей при надежном энергообеспечении производства, хранения, переработки.

Несомненно, что эффективность использования технологий энергетики ВИЭ с течением времени будет возрастать. Этому будет

способствовать и все большая необходимость экономии гумуса, и технический прогресс, и совершенствование организации создания и применения установок ВИЭ.

Кроме определения прямого экономического эффекта энергетики ВИЭ, существуют методики определения различных сопутствующих внедрению новшеств экономических эффектов (дополнительных показателей). Дополнительный экономический эффект можно распространить и на семьи. Ведь по расчетам П.Я. Пирхавки, в сельской семье из 4-х человек один взрослый полностью занят работой по обеспечению дома водой, топливом, приготовлением пищи и т.п. На это затрачивается до 3000 часов в год. Следовательно, применение энергетического оборудования для обработки почвы, ухода за растениями и животными, отопления помещений, приготовления пищи имеет как социальное, так и экономическое значение.

Возникает сопутствующий эффект также в добывающих и перерабатывающих сырье отраслях, в машиностроительном комплексе, что будет оказывать влияние на улучшение инвестиционной политики в стране.

Следует учитывать, также, что при применении предлагаемых новых ресурсосберегающих технологий отпадает необходимость: в геолого-разведочных работах. В производстве значительной части опытно-экспериментального производства, приборов и оборудования для проведения испытаний, станочного парка опытного производства и т.п., для создания новых материалов. Отпадает необходимость в увеличении пропускной способности транспортной инфраструктуры, т.к. при сооружении, например, солнечных соляных прудов и котлованов будут использоваться в основном природные **«готовые и вечные»** материалы, и не требуется транспорт топлива в прежних объемах.

Нельзя обойти стороной и такой важный дополнительный показатель комплексного (полноты) использования солнечной энергии, и её производных как фондоотдача.

Оценка методов, способствующих полному использованию солнечной энергии, и её производных (теплоты/холода различных температурных диапазонов) может производиться на основе показателя фондоотдачи. Однако, если фондоотдача рассматривается применительно к одному **изолированному** технологическому переделу (производству), то, как правило, когда комплексность (полнота) использования, например, сырья (за счет попутного извлечения компонентов) возрастает, фондоотдача падает. И на основании этого комплексность использования сырья, ошибочно считается экономически не целесообразной. Подобные заключения не вызывают сомнения, если рассматривается «локальная» фондоотдача без учета экономии капитальных вложений в результате отказа от сооружения специализированных производств.

В случае комплексного (более полного) использования солнечной энергии коэффициент фондоотдачи Φ_n следует рассчитывать с учетом экономии капитальных вложений в топливную базу, транспорт топлива и в сооружение специализированных производств по формуле:

$$\Phi_n = \frac{T_k}{O_k - \sum_{i=1}^m K_1 \times Z_i},$$

где T_k — конечная продукция (теплота и холод различных температурных диапазонов, востребованные в зависимости от времени года) в денежном выражении; O_k — основные фонды предприятия при комплексном использовании солнечной энергии; K_1 — удельные капитальные затраты на производство единицы энергии (продукции) с учетом вложений в топливную базу, транспорт топлива и в сооружение специализированных производств при получении этой энергии из солнечной энергии; Z_i — количество дифференцированных видов энергии получаемых из солнечной энергии ($i = 1, 2, \dots$); m — порядковый номер дифференцированного вида энергии.

Таким образом, с учетом перечисленных выше факторов фондоотдача имеет другую «положительную» тенденцию — возрастает на каждый процент повышения комплексности использования ВИЭ.

Сооружение, например, пруда и котлована и использование аккумулированных видов энергии, фондоемкость и фондоотдача также находятся в зависимости от коэффициента комплексности полученной энергии:

$$\Delta\Phi_o = \frac{Q_{н.э}}{\Phi},$$

где $\Delta\Phi$ — фондоотдача; $Q_{н.э}$ — объем полученной энергии; Φ — основные фонды.

Как видно, полное определение эколого-социально-экономической эффективности любой системы энергетики ВИЭ должно рассматриваться с учетом приведенных зависимостей охватывая многие отрасли промышленности, сельского хозяйства, транспорта, экономики, социальной сферы и т.д.

Конечно, можно продолжать беспощадно эксплуатировать почву средней полосы России для выращивания зерна, овощей, фруктов. Но что делать потом? Переносить сельскохозяйственное производство на Крайний Север, по аналогии с добычей нефти и газа, используя трудно извлекаемые запасы гумуса. Но добыча трудно извлекаемых запасов нефти это одно, а выращивание продовольственных культур это совершенно другое дело, их не оденешь и не обуешь в «теплые одежды», им нужно солнечное тепло.

Приведенная структура составляющих дополнительного социально-эколого-экономического эффекта отдельно взятой системы энергетики ВИЭ показывает, как взвешенно нужно подходить к анализу эффективного

использования новых технических решений, с учетом воздействия их технологических переделов на почву. А ведь часто при освоении различных по климатическим условиям и предназначению территорий выбор того или иного источника энергоснабжения поручают людям далеким не только от энергетики ВИЭ, но и от традиционной, топливной энергетики. Игнорируется выработанное годами правило, использовать знания специалистов. Ведь химик берет данные по электричеству от электрика; физиолог справляется о геологии у геолога — каждый из них счел бы наглостью со стороны другого, если бы тот произнес суждение не по своей отрасли науки.

И странно, истинно странно, что это разумное правило совершенно отбрасывается, когда дело касается децентрализованного энергоснабжения или обеспечение энергией угнетенных с экологической точки местностей. Как часто некоторые из числа корифеев традиционной энергетики, без сомнения крупные специалисты в своей отрасли знания, считают себя компетентными высказывать догматические суждения по актуальности и социально-эколого-экономической эффективности новых направлений энергетики ВИЭ. А также всему, что к ней относится, не будучи свидетелями ни по одному из её «феноменов» и часто совершенно не имея представления о её принципах и практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Копылов А.Е. Экономические аспекты выбора системы поддержки использования возобновляемых источников энергии в России / А.Е. Копылов // Энергетик. 2008. № 1– С. 7 – 10.

2 Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010.– 572 с.

Автор: Осадчий Геннадий Борисович, инженер, автор 140 изобретений СССР

Тел дом. (3812)60-50-84, моб. 8(962)0434819, E-mail: genboosad@mail.ru
Для писем: 644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв.17.