

УДК 631.371:620.92(075)

Долинский А.А.¹, Батлук В.Н.², Драганов Б.Х.³

¹ *Институт технической теплофизики НАН Украины*

² *Национальный университет «Львовская Политехника»*

³ *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аналізується ступінь забруднення навколишнього середовища при використанні поновлюваних джерел енергії. Приведені рекомендації по зменшенню шкідливих чинників. Викладено основи ексергетичного методу для оцінки екологічного чинника.

Анализируется степень загрязнения окружающей среды при использовании возобновляемых источников энергии. Приведены рекомендации по уменьшению вредных факторов. Изложены основы эксергетического метода для оценки экологического фактора.

The degree of contamination of environment is analysed at the use of renewable energy sources. Recommendations are given for diminishing of harmful factors. Bases of exergy method are presented for estimation of ecological factor.

E – эксергия;

S – энтропия;

τ – время;

λ – степень дисконтирования.

Индексы:

D – деструкция эксергии;

F – топлива;

L – потери эксергии;

P – продукт;

λ – нормативный режим работы;

$гор$ – горячий;

$ср$ – среды;

$хол$ – охлаждаемый;

ε – срок службы системы.

Энергетика играет решающую роль в развитии страны, ее экономики. С энергетикой в значительной степени связаны проблемы энергосбережения и защиты окружающей среды. Экологический комплекс не только влияет на атмосферу и климат, но и сам испытывает значительное воздействие со стороны природно-климатических факторов.

В последние годы большое внимание уделяется возобновляемым и нетрадиционным источникам энергии. Основное преимущество возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – их неисчерпаемость и возможность эффективного решения проблемы экологической защиты по сравнению с традиционными источниками энергии [1–3].

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) в основном используют при сооружении малых энергоэкономических комплексов (МЭК) систем тепло-, водо-, гелио- и электроснабжения. Во многом, энергетическая безопасность формируется на региональном уровне. Сте-

пень обеспеченности собственными топливно-энергетическими ресурсами является одним из факторов энергетической безопасности. В этом отношении во многих районах страны существенную роль могут сыграть ВИЭ, обеспечивающие энергетическую независимость.

Одна из причин, ограничивающих использование возобновляемых источников энергии, заключается в нестабильности их работы. В первую очередь это относится к энергии солнечного излучения и к энергии ветра. Кроме того, им свойственна низкая плотность энергии. Использование тепловых аккумуляторов и теплонасосных установок эффективно решают эти технические вопросы.

В нашей стране солнечная энергия обладает значительным потенциалом: общий потенциал эквивалентен $88,4 \cdot 10^9$ т у. т. /год; технический потенциал – $0,72 \cdot 10^9$ т у. т. /год; целесообразный экономический потенциал – $0,9 \cdot 10^6$ т у. т. /год.

Осредненная среднегодовая плотность

солнечной радиации на территории Украины характеризуется следующими значениями: от 1070 кВт·ч/м² в северной части до 1400 кВт·ч/м² и выше в южных регионах страны. Потенциал солнечной энергии в Украине является достаточно высоким для широкого внедрения как теплоэнергетического, так и фотоэнергетического оборудования практически во всех областях.

Общий потенциал ветровой энергии в Украине эквивалентен 97,2·10⁶ т у. т. /год, технический потенциал – 10,8·10⁶ т у. т. /год; целесообразный энергетический потенциал – 1,2·10⁶ т у. т. /год.

Потенциал геотермальной энергии в Украине характеризуется данными: общий – 50·10⁶ т у. т. /год; технический– 30·10⁶ т у. т. /год; целесообразный – 21·10⁶ т у. т. /год.

Перспективным считается и использование энергии биомассы. Сегодня биомасса – четвер-

тое по значению топливо в мире, которое позволяет получать до 2 млрд. т у. т. энергии за год, что составляет приблизительно 14 % общего потребления первичных энергоносителей в мире. Использование методов биологической конверсии органических отходов с целью получения газообразного или жидкого топлива в настоящее время также является весьма перспективным. Их переработка позволяет решить как энергетическую проблему, так и экологическую.

Активное использование ВИЭ позволяет существенно сократить выбросы вредных веществ в атмосферу. Но эти источники энергии не являются полностью экологически чистыми. Негативное влияние ВИЭ на окружающую среду проявляется в широком спектре экологических факторов. Факторы негативного их влияния на экосистемы энергоустановок могут быть представлены следующей классификацией (рис. 1) [4].



Рис. 1. Классификация влияния установок на основе ВИЭ на окружающую среду.

Для повышения термического потенциала гелиоустановок используют теплонасосные установки, в которых применяются различные виды хладагентов, оказывающие вредное влияние на окружающую среду. При использовании солнечных преобразователей происходит затемнение значительных по площади участков земель, при этом изменяется локальный тепловой баланс почвы, ее температура. Солнечные электростанции используют значительно большие площади земли и, как правило, плодородной.

Энергоустановки, использующие ВИЭ, могут существенно влиять на качество среды обитания. Из-за малой плотности энергетических

потоков они, как правило, характеризуются большой землеемкостью. В табл. 1 для разных типов энергоустановок приведены данные по удельному производству электроэнергии в пересчете на квадратный метр занимаемой площади, а также площади, необходимой для выработки 1 кВт·ч электроэнергии в год. Для сопоставления приведены также данные по производству электроэнергии на ТЭС и АЭС. Их анализ позволяет заключить, что для получения 1 кВт·ч электроэнергии на солнечной электростанции требуется земельная площадь, превышающая в 200 раз площадь, необходимую для производства такого же количества электроэнергии с помощью ТЭС.

Табл. 1.

№ п/п	Вид первичной энергии (энергоресурса)	Вид установки	Производство электроэнергии, кВт·ч/м ²	Допустимая площадь, м ² /кВт·ч
1	Ветровая энергия	ВЭС	12	0,083
2	Солнечная энергия	СЭС	30	0,033
3	Органические отходы	БГУ	100	0,010
4	Органическое топливо	ТЭС	6000	0,000167
5	Обогащенный уран	АЭС	15000	0,000067

В настоящее время наиболее полно изучено влияние ВЭУ и ВЭС на окружающую среду. К основным факторам экологического влияния ВЭУ и ВЭС следует отнести:

- изъятие земельных ресурсов для строительства ВЭС;
- акустическое влияние;
- электромагнитное влияние (препятствие теле- и радиосвязи);
- оптическое влияние (уменьшение прозрачности атмосферы);
- влияние на орнитофауну (возникновение препятствий для перелетных птиц) или на ихтиофауну (ухудшение среды обитания для

рыб при морском или прибрежном размещении ВЭС);

- возможные аварийные ситуации при эксплуатации ВЭС (разрушение конструкции ветровой башни, поломки и отлет поврежденных частей ветрового колеса, отлет кусочков льда, образующихся на лопастях ветрового колеса в зимнее время года);
- ухудшение местного ландшафта.

Факторы, влияющие на природную среду, и основные мероприятия по их снижению приведены в табл. 2. Рассмотрим некоторые из них более детально.

Табл. 2

№ п/п	Факторы влияния ВЭС на окружающую среду	Методы снижения степени влияния
1	Изъятие земельных ресурсов, изменение свойств земельного слоя	Размещение ВЭУ на территориях, которая не используется. Оптимизация размещения (минимизация площади отчужденной земли). Научно-обоснованный учет изменений свойств земного слоя и компенсационные расчеты с землепользователем.
2	Акустическое влияние (шумовые эффекты)	Смена числа оборотов ветрового колеса (ВК). Смена формы лопасти ВК. Отдаление ВЭУ от объектов социальной инфраструктуры. Усовершенствование конструкций и смена материалов лопастей ВК.
3	Влияние на ландшафт	Учет особенностей ландшафта при размещении ВЭУ Рекреационное использование ВЭУ. Применение более оптимальных и совершенных опорных конструкций ВЭУ.
4	Электромагнитное излучение, помехи приему теле- и радио-передач	Сооружение дополнительных ретрансляторов. Поиск более совершенных материалов для лопастей ВК. Внедрение специальной аппаратуры в конструкцию ВЭУ. Размещение ВЭУ вдали от коммуникаций.
5	Влияние на орнитофауну на трассах перелета птиц и морскую фауну в морских акваториях	Анализ возможных препятствий для птиц на трассах их перелета, а также для рыб на путях их миграции. Разработка мероприятий по снижению негативного влияния.
6	Аварийные ситуации, опасность поломок и отлета частей ВК	Расчет возможности поломки ветрового колеса, траектории и дальности отлета. Оценка надежности безаварийной работы ВЭУ. Зонирование производства вокруг ВЭУ
7	Факторы, которые улучшают экологическую ситуацию	Уменьшение силы ветра. Уменьшение ветровой эрозии земли. Уменьшение ветров с акватории водоема и водохранилища.

Наиболее важным фактором влияния ВЭС на окружающую среду является акустическое влияние. За рубежом проведено достаточное количество опытов и натурных исследований, направленных на изучение уровня и частоты шума, создаваемых ВЭС с различными ветровыми колесами, отличающихся материалами и конструктивными особенностями колес, высотой расположения их над землей, различных

скоростях и направлениях ветра, различных типов грунтов и способов крепления агрегатов.

Отдаление ВЭУ на большее расстояние от населенных пунктов и мест отдыха позволяет разрешить проблему шумового эффекта для людей. Однако шум оказывает влияние на фауну, в том числе и на морскую, при расположении ВЭС в морских акваториях.

Следует заметить, что ряд видных современных специалистов (Lean J.L., Sheeley N.R., Wang Y.M. и др. [4]) не придерживаются мнения, что Землю в перспективе ждет существенное потепление, обусловленное возрастающими выбросами в атмосферу трехатомных газов и, в первую очередь, углекислого газа. Они считают, что климат на Земле в основном определяется цикличной интенсивностью излучения Солнца.

Американский астрофизик Д. Эдди в 1976 г. установил наличие корреляции между четко установленными периодами значительных изменений пятен на поверхности Солнца и глубоким изменением климата Земли в течение прошлых тысячелетий [4]. Российский астрофизик Е. Борисенко [5] в 1988 г. определил, что из 18 глубоких минимумов активности Солнца с двухсотлетним периодом в течение последних 7500 лет наблюдались периоды глубокого похолодания, а в периоды высоких максимумов солнечной активности – глубокого потепления. Можно сделать вывод, что не 11-летние, а двухвековые циклы солнечных вариаций служат доминирующим фактором изменения климата.

По данным исследований, углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O поглощают, примерно, 63 % всего теплового излучения с поверхности Земли. Из них, примерно, 51 % приходится на

водяной пар и около 12 % на углекислый газ – меньше половины того, что поглощает водяной пар, который тоже оказывает влияние на "парниковый" эффект.

Это объясняется тем, что в диапазоне длин волн 4,7...12,8 мкм (инфракрасное излучение) углекислый газ практически не поглощает теплоту.

По мнению ряда видных специалистов наблюдаемое в настоящее время потепление климата Земли обусловлено не антропогенными выбросами "парниковых" газов, а, в первую очередь, существенной интенсивностью солнечного излучения в течение всего прошлого столетия. Имеются основания считать, что начался очередной цикл снижения глобальной температуры, максимум которого достигнет в 2055...2060 (± 11) годах, когда среднегодовая температура снизится на 1,0...1,5 °С. Этот климатический минимум продлится 45...65 лет, после чего наступит очередное потепление (рис. 2) [4].

Существенное влияние на изменение климата оказывает мировой океан, служащий хранилищем углекислоты. Увеличение температуры окружающей среды вследствие антропогенного фактора приводит к росту выбросов в атмосферу углекислоты, растворенной в океане.

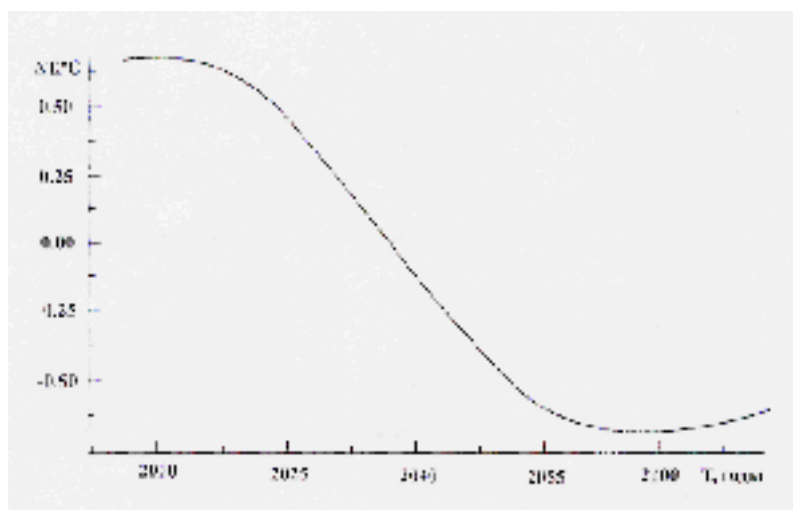


Рис. 2. Прогноз сценария глубокого похолодания климата к середине XXI века.

На закономерности изменения климата, в том числе на температурное поле атмосферы, оказывает влияние комплекс, в общем случае взаимосвязанных, факторов: все возрастающие антропогенные выбросы; циклические, в особенности, двухсотлетние изменения активности солнечного излучения; мировой океан, служащий не только мощным теплоаккумулятором, но также оказывающим, в той или иной степени, влияние на поступление CO_2 в атмосферу. К проблеме "парникового эффекта" в связи с непрерывным развитием технического потенциала нельзя подходить односторонне. Следует предполагать, что глобальная в настоящее время проблема – защита окружающей среды найдет разумное решение. Использование возобновляемых источников энергии может до некоторой степени оказать положительное влияние на регулирование "парникового эффекта".

Проанализируем экологический аспект в контексте энергопреобразующих систем, осно-

$$E_F = \int_0^{\tau_s} E_F \exp(-\lambda\tau) d\tau \approx E_F [1 - \exp(-\lambda\tau_s)] = E_F(\tau_s) \frac{\tau_\lambda}{\tau_s} \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau_s}{\tau_\lambda}\right) \right], \quad (2)$$

где τ_λ – нормативное время дисконтирования, обратное степени дисконтирования λ ;

τ_s – полный срок службы системы.

В термозэкономике величина λ может изменяться как в сторону уменьшения (истощение естественных ресурсов), так и в сторону увеличения (появление новых ресурсов) [7].

С позиции термозэкологии изменение λ следующее:

- λ уменьшается всегда при использовании традиционных и невозобновляемых источников энергии, так как естественные ресурсы являются исчерпаемыми;

- λ увеличивается при использовании возобновляемых источников энергии.

В соответствии с принципами эксергоэкономической оптимизации, [6, 8] можно принять, что потери вследствие экологического фактора пропорциональны потокам эксергии на выходе из системы.

Выше рассматриваемый процесс можно

вываясь на эксергетическом методе анализа. С точки зрения эксергии экологический фактор – это работа, выполняемая системой над окружающей средой.

В концепции эксергетической оптимизации приняты следующие обозначения [6]. Эксергия всех потоков, поступающих в рассматриваемый элемент системы или в систему в целом, включая систему энергетического потока (например, солнечного излучения), принято называть эксергией топлива E_F . Эксергию всех потоков, выходящих из рассматриваемого элемента (системы), включая эксергию энергетического потока, произведенного в данном элементе (системы) называют эксергией продукта E_P .

При этом эксергетический баланс для системы записывается следующим образом:

$$E_F = E_P + E_D + E_L, \quad (1)$$

где E_D и E_L , соответственно, – деструкция и потери эксергии.

В данном случае будем иметь

анализировать с позиции внешней необратимости системы [9]:

$$\Delta S_{cp} + \Delta S_{хол} + \Delta S_{zop} = \Sigma \Delta S, \quad (3)$$

где ΔS_{cp} – увеличение энтропии окружающей среды, как результат подвода теплоты, $\Delta S_{хол}$ – уменьшение энтропии охлаждаемого элемента системы; ΔS_{zop} – уменьшение энтропии греющего элемента; ΔS – суммарное изменение энтропии соответственно температурному уровню, при котором происходит процесс.

Степень экологического фактора определяется двумя показателями: тепловой поток в окружающую среду ΔS_{zop} , который в уравнении (3) является определяющим, и выбросы CO_2 , которые могут быть оценены по соответствующему тепловому эквиваленту.

Выводы

1. Использование возобновляемых источников энергии приводит к заметному улучше-

нию экологических показателей энергопотребляющей системы. Приведены рекомендации по уменьшению отрицательного экологического воздействия энергосистем, работающих на возобновляемых источниках энергии.

2. Большую роль на состояние климата оказывают циклические (11-ти и 200-летние) вариации интенсивности солнечного излучения. При анализе климатических изменений следует исходить из комплекса взаимосвязанных факторов: антропогенных выбросов, циклических периодов, в особенности 200-летних, изменения интенсивности солнечного излучения, влияния мирового океана на изменение климата.

3. Метод эксергоэкономического анализа позволяет дать оценку экологическому фактору рассматриваемой энергетической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бекаев Л.С., Марченко О.В., Пинегин С.П. и др.* Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. – Новосибирск: Наука, 2000.
2. *Концепция развития* и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики. – М.: Мин-во топлива и энергетики, 1994. – 121 с.
3. *Рекомендации* по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 80 с.
4. *Ресурсы и эффективность* использования возобновляемых источников энергии в России / Под общей ред. П.П. Безруких. – Санкт-Петербург: Наука, 2002. – 314 с.
5. *Економія теплоенергетичних ресурсів.* В кн. Б.Х. Драганов, А.А. Долінський, А.В. Міщенко, Є.М. Письменний (за ред. Б.Х. Драганова). *Теплотехніка: Підручник.* – К.: "ІНКОС", 2005. – 504 с. – С. 419-489.
6. *Тсатсаронис Дж.* Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы (научн. ред. и перев. с англ. проф. Т.В. Морозюк). – Одесса: ООО "Студия Негоциант", 2002. – 151 с.
7. *Морозюк Т.В.* Модель выбора теплового насоса в составе энергетической установки // *Химическое и нефтегазовое машиностроение.* – 1999. – № 3. – С. 30-32.
8. *Долинский А.А.* К вопросу эксергоэкономической оптимизации энергетических систем // *Пром. теплотехника.* – 2009. – Т. 31 – № 4. – С. 105-108.
9. *Пригожин И.* От возникающего к существующему. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

Получено 04.02.2010 г.