

УДК: 528.94:65.015.3:621.311.243

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ
ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ Г. СИМФЕРОПОЛЯ**

Козлова И.Ю., Кайданский В.В.

В последнее время, в связи с нехваткой традиционного топлива, удорожанием энергоресурсов и ухудшением состояния окружающей среды, все больше внимания уделяется практическому использованию солнечной энергии, в первую очередь, для горячего водоснабжения жилых домов, предприятий, санаториев, пансионатов. Уже сегодня солнечную энергию успешно используют такие страны как Турция, Греция, Египет, Израиль, Кипр, Италия, Испания и др. Всего в мире площадь солнечных коллекторов составляет 150 млн. м², в Евросоюзе – 14 млн. м².

Примеру многих западных стран, которые активно используют солнечную энергию, последовала и Украина, в частности, Крым. На сегодняшний день площадь солнечных коллекторов в Крыму пока невелика и составляет, по данным Минтопэнерго АРК, около 16 тыс. м².

В основном использование энергии солнца в Крыму сконцентрировано в рекреационных районах. Передовой опыт используют многие здравницы Южного берега Крыма и Евпатории. Однако, в связи с острым энергетическим кризисом, который сложился на Украине в последнее время, развитие солнечной энергетики требует всестороннего рассмотрения не только в населенных пунктах с четко выраженной рекреационной специализацией, но и в городах с высоким промышленным потенциалом. Это обусловлено несколькими причинами.

Во-первых, применение гелиоустановок требует высоких капитальных затрат, которые могут себе позволить промышленные предприятия, в отличие от частного сектора или предприятий жилищно-коммунального хозяйства.

Во-вторых, на долю городов с высоким промышленным потенциалом приходится наибольшее потребление энергии в регионе. Симферополь не является исключением – город потребляет до 20% электроэнергии, необходимой для региона. Тем самым, использование солнечной энергии в теплое время года позволит экономить традиционные виды энергоресурсов для теплоснабжения города в холодное время. К тому же это даст возможность сгладить пик потребления энергии в период с апреля по октябрь, возникающий в регионе из-за наплыва отдыхающих.

В-третьих, солнечная энергетика является экологически «чистым» видом энергии по сравнению с традиционными видами энергоресурсов, используемыми для теплоснабжения и горячего водоснабжения. Современные котельные работают преимущественно на газе, мазуте и печном бытовом топливе, являющимися одними из наиболее «грязных» источников энергии. В результате сгорания мазута и печного топлива выделяются двуокись азота, окись углерода, сернистый ангидрид, диоксид серы, пыль, сажа и др. Все эти продукты сгорания негативно влияют на биосферу и

человека, приводят к возникновению парникового эффекта, кислотных дождей и смога. Особенно актуально эта проблема стоит в крупных промышленных городах. В Автономной Республике Крым за 2004 год выбросы вредных веществ в атмосферу стационарными источниками, большая часть из которых приходится на промышленные предприятия, составили 35145 т, или 27,6% от всех выбросов вредных веществ в атмосферу региона [1], из которых около 6 % приходится на г. Симферополь.

Учитывая сказанное выше, а также то, что Симферополь расположен в котловине, а дома построены таким образом, что практически не осуществляется проветривание, использование энергии солнца на предприятиях города является перспективным и требует детального анализа.

Изучением перспективности использования солнечной энергетики в Крыму занимались многие научно-исследовательские институты, организации, учреждения. Среди ученых, занимающихся данной тематикой, следует выделить труды В.А.Бокова, Л.А.Багровой, А.С. Мазина, А.С. Кибовского, Н.П.Синицына, Н.И. Мхитаряна, М.Рабиновича, И.Толстых и др. Однако исследования, связанные с изучением перспектив использования солнечной энергии на промышленных предприятиях г. Симферополя, ранее не проводились. Поэтому данную работу во многом следует рассматривать как постановочную результаты которой отражают лишь взгляд авторов на поставленную проблему.

Целью данной работы - проведение на основе ГИС-технологий детальной оценки перспективности использования солнечной энергетики на промышленных предприятиях г. Симферополя.

Реализация поставленной цели потребовала выполнения следующих задач:

- оценить современный уровень энергопотребления в г. Симферополе;
- проанализировать уровень современного использования солнечной энергетики на территории г. Симферополя;
- создать геоинформационную базу данных, характеризующую уровень использования солнечной энергетики на предприятиях города;
- провести оценку эколого-экономической эффективности использования энергии солнца в г. Симферополе.

Энергообеспечение г. Симферополя зависит от импорта энергоресурсов с материка. Причем, в последнее время, все чаще и чаще возникает вопрос о нехватке традиционных энергоресурсов (преимущественно природного газа и электроэнергии) для обеспечения нужд населения, промышленного комплекса, коммунально-бытового хозяйства.

В сложившейся ситуации конфликта между Россией и Украиной, который повлек за собой угрозу ограниченной поставки газа на территорию Украины, стал актуальным вопрос о проблеме обеспечения города теплом. Так, в январе 2006 года для центральных котельных города необходимо было 1,5 миллиона кубометров в сутки, а фактически поставлялось 820 тысяч кубометров [2]. В результате чего пришлось уменьшить подачу газа на промышленные предприятия с целью улучшения теплоснабжения населения города.

Ситуация с обеспечением города электроэнергией обстоит не лучше. 90% электроэнергии, поступающей в город, приходит от Запорожской электростанции.

При этом город потребляет энергии больше, чем предусмотрено по плану. В январе 2006 года Симферополь забрал 210 мегаватт (МВт) электрической мощности при лимите 166 МВт [3], что вызвало необходимость ограничения подачи электроэнергии на промышленные объекты города. По данным «Крымэнерго» за 2005 год город потребил 723743,8 кВтч электроэнергии, из которых 139583,6 кВтч, или 19,3% от общего объема, приходилось на промышленные предприятия.

Одним из путей, который позволит частично добиться независимости от поставок газа и электроэнергии с материка, является использование энергии солнца с апреля по октябрь. В этот период можно будет экономить энергию, для того, чтобы лучше обеспечить теплом и электроэнергией город в холодный период года.

Первым опытом использования энергии солнца для горячего водоснабжения в Симферополе стала установка солнечных коллекторов на крыше гостиницы «Спортивная» в 1988 году. Однако в 1996 году она была демонтирована по причине износа материалов и не подлежала восстановлению.

На сегодняшний день в городе уже существует ряд предприятий, которые используют энергию солнца для горячего водоснабжения: ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов», Центральный аэропорт г. Симферополя, ОАО «Сельхоздеталь», ОАО «Крымремналадка».

Для характеристики уровня использования солнечной энергетики на этих предприятиях была создана геоинформационная база данных, отражающая технические и экономические показатели эксплуатации гелиоустановок. Геоинформационная база данных была разработана на основе электронной векторной карты города базового масштаба 1:10 000 с использованием инструментальных средств ArcView версии 3.2a компании ESRI.

Электронная векторная карта города включает следующие тематические слои: уличная сеть с наименованиями; кварталы; объекты промышленности; граница Центрального аэропорта; гидрография; зоны зеленых насаждений. На основе перечисленных слоев электронной карты г. Симферополя и информации о предприятиях, которые эксплуатируют гелиоустановки, была создана база данных, схематично отражающая размещение солнечных установок на предприятиях города, а также технические и экономические аспекты их функционирования (рис. 1, 2).

Address	Park type	Type Model	Capacity	Power	Area	Variables	Demand	Entail	Distance	Temp	Product	Model	Element	Status
Симферопольский комбинат хлебопр душевая	Одноконтур	ЗУС-143 "Спешгелиомонтаж"	20	30	30	2175	410	3.15	3.00	45	207	75.725	4.619	34.0
Симферопольский комбинат хлебопр столовая	Одноконтур	Броварский алюминиевый за	6	9	30	1176	290	0.60	0.50	60	207	19.510	1.800	10.0
Центральный аэропорт г. Симферополь столовая А	Одноконтур	ЗУС-143 "Спешгелиомонтаж"	6	9	30	0	540	1.00	1.00	45	214	24.060	2.200	10.0
Центральный аэропорт г. Симферополь баня БПК	Одноконтур	ЗУС-143 "Спешгелиомонтаж"	36	54	30	0	0	5.00	0.00	45	214	0.000	0.000	65.0
Центральный аэропорт г. Симферополь АТБ	Одноконтур	ЗУС-143 "Спешгелиомонтаж"	24	36	30	0	0	3.00	0.00	45	214	0.000	0.000	45.0
ОАО "Крымремналадка"	Данные отс	Данные отс	Данные отс	Данные отс	Данные отс	0	0	0.00	0.00	0	0	0.000	0.000	0.0
ОАО "Сельхоздеталь"	Данные отс	Данные отс	Данные отс	Данные отс	Данные отс	0	0	0.00	0.00	0	0	0.000	0.000	0.0

Рис. 1. База данных, отражающая технические и экономические показатели функционирования гелиоустановок на промышленных предприятиях г. Симферополя

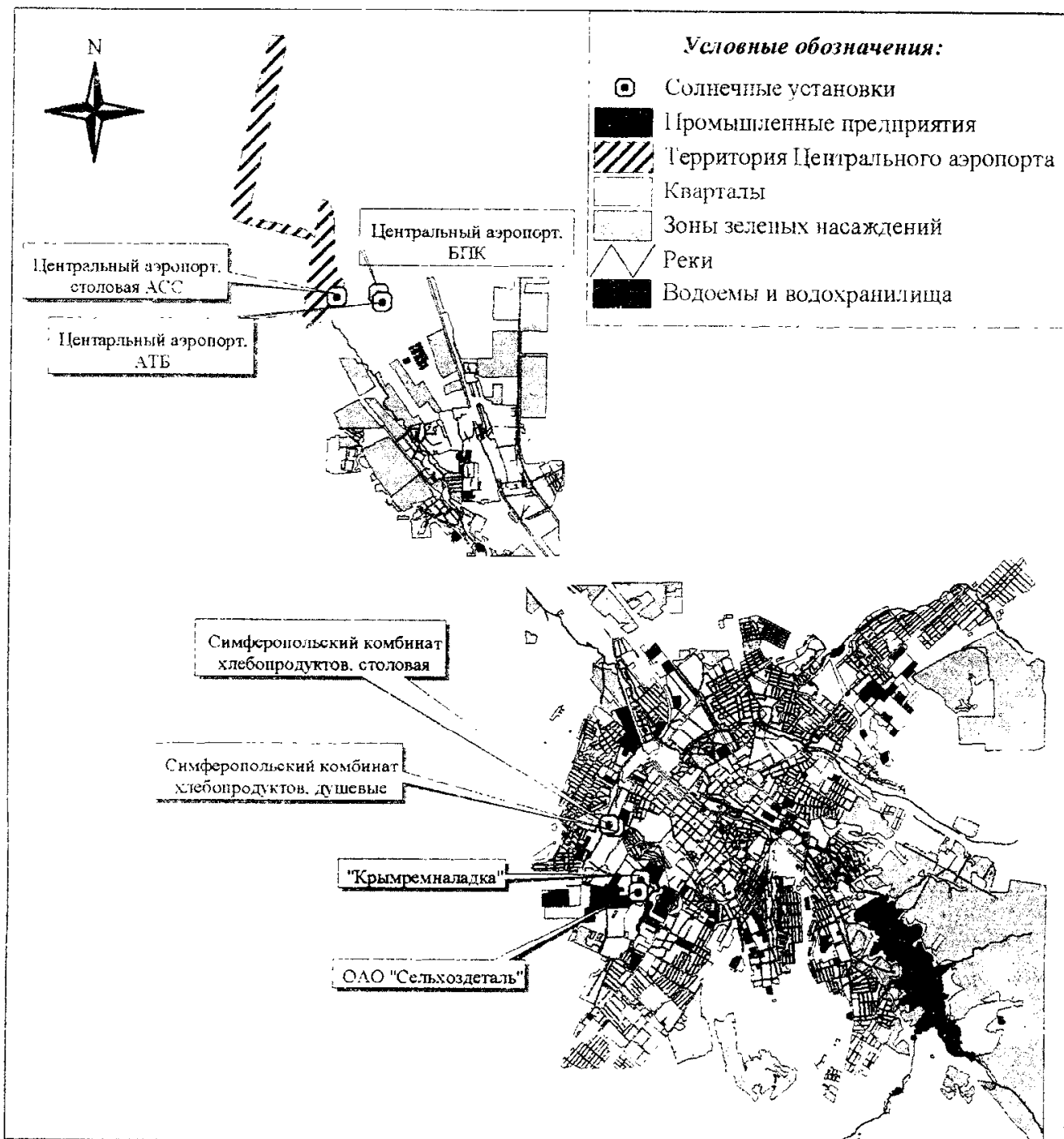


Рис. 2. Схема размещения гелиоустановок для горячего водоснабжения на промышленных предприятиях г. Симферополя

Технические и экономические аспекты функционирования солнечных установок включают следующие показатели: наименование предприятия, функциональное использование (душевые, столовая и др.), тип солнечного коллектора, производитель, количество солнечных коллекторов на одной установке, площадь поверхности гелиоустановки (m^2), угол наклона коллектора, общая масса установки ($кг/m^2$), давление на крышу ($кг/m^2$), емкость бака (m^3), производительность солнечной установки ($m^3/сут.$), температура нагреваемой воды ($^{\circ}C$), продолжительность использования солнечной установки в течение года (количество дней), годовая выработка теплоты (ГДж), экономия органического топлива в год (т

условного топлива (у.т.)), стоимость гелиоустановки (тыс. грн.). По сути, набор перечисленных показателей в последующем может стать основой формирования кадастра установок по эксплуатации солнечной энергии. Как показывает зарубежный опыт, для принятия управленческих решений по развитию солнечной энергетики без создания подобного кадастра или геинформационной системы не обойтись.

Анализ эффективности использования солнечной энергии на предприятиях города в рамках поставленной цели данной статьи был проведен на основе технической и проектно-изыскательской документации, предоставленной организациями, занимающимися установкой солнечных коллекторов на территории Крыма [4, 5, 6]. Полный объем интересующей нас информации приводится по гелиоустановкам ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» и частично по гелиоустановкам Центрального аэропорта города. Поэтому перечисленные предприятия и стали ядром исследования данной работы. На территории ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» эксплуатируются две установки, Центрального аэропорта – три.

Данные предприятия используют энергию солнца для горячего водоснабжения столовых и душевых в период с апреля по октябрь. В пасмурные, бессолнечные дни предприятия получают энергию с котельных. Солнечные коллектора расположены на крышах объектов, оказывают незначительное давление на крышу, но при этом не меняют работы конструкции здания. Производимая годовая мощность использования солнечных коллекторов для душевых ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» составляет 75,725 ГДж, для столовой ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» – 19,51 ГДж, для установки «АСС – основная» в Центральном аэропорту – 24,06 ГДж. Суммарная площадь поверхности гелиоустановок на этих предприятиях составляет 138 м². Производителями солнечных коллекторов являются ЭУС – 143 «Спецгелиомонтаж» треста «Южстальмонтаж», Броварский алюминиевый завод.

Использование энергии солнца на протяжении 7 месяцев позволяет «бесплатно» получать энергию для обеспечения предприятия горячей водой и при этом экономить значительный объем органического топлива. Было подсчитано, что суммарная экономия органического топлива в год, за счет использования энергии солнца на этих предприятиях (ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов», Центральный аэропорт), составляет 8,619 т у. т. [4, 5, 6].

Для оценки эффективности использования гелиоустановок на предприятиях г. Симферополя кроме анализа технической и экономической информации авторами было проведено эколого-экономическое обоснование их эксплуатации.

Расчет эколого-экономической эффективности использования систем солнечного горячего водоснабжения (ССГВС) проводился на базе одной гелиоустановки ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов», используемой для душевых. Для расчета была использована временная типовая методика экономической эффективности осуществления охранных мероприятий и оценки экологического ущерба, причиняемому народному хозяйству загрязнением

окружающей среды [7]. Она была разработана в 1986 году, но применяется и в настоящее время. Учитывая то, что современные экономические условия кардинально отличаются от условий 1986 года, авторами в работе был использован индекс пересчета цен 1986 года на цены 01.03.2006 года.

Для расчетов потребовались следующие исходные данные:

- Годовая выработка теплоты – 75,725 ГДж;
- Емкость бака-аккумулятора – 3 м³;
- Температура горячей воды в баке-аккумуляторе – 45°С;
- Площадь поверхности солнечных коллекторов – 30 м²;
- Вид вытесняемого энергоносителя – печное топливо;
- Дублер – котельная (котлы ДКВР 2,5/13);
- Сметная стоимость системы ССГВС – 33333,3 грн.;
- 8,1758 – индекс пересчета цен 1986 года на современные.

Экономический эффект от использования ССГВС рассчитывают путем сопоставления приведенных затрат на солнечную установку и базовый источник:

$$\Delta Z_{\text{ССГВС}} = \Delta Z_{\text{Э}} + \Delta Z_{\text{Ос}} + \Delta Z_{\text{С}} - \Delta Z_{\text{Г}}, \quad (1)$$

где $\Delta Z_{\text{ССГВС}}$ – экономический эффект от использования ССГВС, грн/год;

$\Delta Z_{\text{Э}}$ – эффект от экономии расходов на производство тепловой энергии котельной комбината, грн/год;

$\Delta Z_{\text{Ос}}$ – эффект от снижения загрязнения окружающей среды при использовании ССГВС, грн/год;

$\Delta Z_{\text{С}}$ – социальный эффект применения солнечной установки, грн/год;

$\Delta Z_{\text{Г}}$ – дополнительные капиталовложения в ССГВС, грн/год.

Эффект от экономии расходов на производство тепловой энергии определяется по формуле:

$$\Delta Z_{\text{Э}} = Q_{\text{су}} \times C_{\text{т}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{су}}$ – годовой объем тепловой энергии, покрываемый ССГВС, ГДж;

$C_{\text{т}}$ – стоимость вырабатываемой тепловой энергией котельной грн/ГДж (при отсутствии данных принимается 122,41 грн/ГДж в соответствии с «Тарифами на тепловую энергию и услуги теплоснабжения», введенными с 1.03.06 г АП «Крымтеплокоммунэнерго»).

Экономический эффект от предотвращения загрязнения окружающей среды заключается в снижении выбросов в атмосферу вредных веществ на каждую тонну сжигаемого печного топлива. Согласно методике, при сгорании 1 т у.т. в атмосферу выбрасывается: CO – 0,009 т, NO_x – 0,003 т, SO₂ – 0,027 т. Экономический эффект от снижения выбросов в атмосферу одной тонны вредных веществ с учетом индекса пересчета цен на 01.03.2006 года составляет: CO – 588,66 грн/т, NO_x – 24200,96 грн/т, SO₂ – 31886,40 грн/т.

Количество сэкономленного топлива ССГВС за год определяется по формуле:

$$B = 0,034 \times Q_{\text{су}} / \eta, \quad (3)$$

где η – среднегодовой эксплуатационный коэффициент полезного использования топлива, учитывающий базовый эксплуатационный коэффициент полезного действия котла (η_6), потери при транспортировании ($\eta_{тр}$) и хранении топлива ($\eta_{хр}$):

$$\eta = \eta_6 \eta_{тр} \eta_{хр} = 0,6 \times 0,96 \times 0,96 = 0,553 \text{ (согласно методике [7])} \quad (4)$$

Таким образом, количество сэкономленного топлива в течении года составляет 4,619 т у.т., а количество вредных выбросов в атмосферу за счет применения солнечной установки уменьшится для СО на 0,042 т, NOx на 0,014 т, SO₂ на 0,125 т.

Тем самым, годовой эффект от снижения выбросов в атмосферу составит:

$$\Delta Z_{oc} = 0,042 \times 588,66 + 0,014 \times 24200,96 + 0,125 \times 31886,40 = 4349,33 \text{ грн.} \quad (5)$$

Социальный эффект применения ССГВС. Эффект выражается в экономии затрат труда при самообслуживании ССГВС, который определяется как:

$$\Delta Z_c = \Delta Z_c^* \times F, \quad (6)$$

где ΔZ_c^* – удельная величина социального эффекта, с учетом коэффициента пересчета она составляет 24,53 грн/м²;

F – площадь поверхности солнечной установки, м².

Дополнительные капиталовложения определяем следующим образом:

$$\Delta Z_g = E_n^* \times K^* \times F + \Delta Z_z, \quad (7)$$

где E_n^* – коэффициент, учитывающий норму капиталовложений и отчислений на амортизацию в долях от капитальных вложений для ССГВС. Согласно используемой методике данный коэффициент составляет 0,18 [7];

K^* – удельные капиталовложения в ССГВС равные 1111, 11 грн/м²;

ΔZ_z – дополнительные затраты на мойку стекол солнечных коллекторов. По аналогии с затратами на протирку окон промышленных предприятий (по данным ЦННИИ промзданий) можно принимать с учетом коэффициента пересчета в размере 20,44 грн. за 10 м² поверхности солнечных коллекторов.

Срок окупаемости солнечной установки горячего водоснабжения душевых ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» рассчитывается по формуле:

$$T = K / Z_{ссгвс}, \quad (8)$$

Подставив значения в формулы, получились следующие результаты:

1. Эффект от экономии расходов на производство тепловой энергии:

$$\Delta Z_{э} = 75,725 \times 122,41 = 9269,50 \text{ грн.}$$

2. Социальный эффект применения ССГВС:

$$\Delta Z_c = 24,53 \times 30 = 735,81 \text{ грн.}$$

3. Дополнительные капиталовложения:

$$\Delta Z_g = 0,18 \times 1111,11 \times 30 + 20,44 \times 3 = 6061,32 \text{ грн.}$$

4. Экономический эффект от использования ССГВС рассчитывают путем сопоставления приведенных затрат на солнечную установку и базовый источник:

$$\Delta Z_{ссгвс} = 9269,50 + 4349,43 + 735,81 - 6061,32 = 8293,32 \text{ грн/год.}$$

5. Срок окупаемости солнечной установки горячего водоснабжения для душевых ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов» составит:

$$T = 33333,33/8293,32 = 4 \text{ года.}$$

Если не учитывать экономический эффект от предотвращения загрязнения окружающей среды, то окупаемость этой установки составит 8,4 года.

Полученные результаты свидетельствуют, что использование ССГВС рентабельно, поскольку окупаемость установки составляет 4 года с учетом экономического эффекта от предотвращения загрязнения окружающей среды и 8,4 без учета, а норма окупаемости установки – 10 лет. При этом следует учитывать, что срок эксплуатации солнечной установки составляет 15-20 лет.

С теоретической точки зрения использование солнечной энергии для ССГВС благоприятно как с экологической стороны, так и с экономической. Однако на современном этапе использование солнечной энергии на предприятиях города не может конкурировать с использованием традиционных видов энергоресурсов, ввиду сезонности работы гелиоустановок (с апреля по октябрь) и небольших объемов производства энергии на них.

Нельзя пока говорить и о существенном сокращении выброса вредных веществ в атмосферу города благодаря использованию энергии солнца. Одна гелиоустановка (однотипная той, которая используется для душевых на ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов») в течении года позволяет сократить выбросы в атмосферу таких вредных веществ, как CO на 0,042 т, NO_x на 0,014 т, SO₂ на 0,125 т. А это составляет около 0,009% от объема выброса вредных веществ в атмосферу города стационарными источниками.

Но, тем не менее, солнечная энергетика имеет тенденцию к дальнейшему развитию в городе. С каждым годом происходит удорожание традиционных видов топлива, техническое совершенствование гелиоустановок, в результате чего использование ССГВС будет более рентабельным. Ввиду этого развитие солнечной энергетике необходимо и его следует рассматривать как очередной этап перехода к устойчивому и сбалансированному развитию города и региона в целом.

Список литературы

1. Годовая статистическая информация. Окружающая среда [Электронный ресурс]: // Режим доступа: [http:// new.net.ua/gselhoz.htm](http://new.net.ua/gselhoz.htm)
2. Дьяков И. Нам бы газа до отказа // Крымская правда. – 2006. – № 13 (23876). – С. 3.
3. Дьяков И. Не хватает электроэнергии // Крымская правда. – 2006. – № 17 (23880). – С.2.
4. Коршунов О.М. Рабочий проект. Гелиоустановка горячего водоснабжения столовой ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов». – Симферополь, 2002. – 78 с.
5. Коршунов О.М. Рабочий проект. Гелиоустановка горячего водоснабжения душевых ОАО «Симферопольский комбинат хлебопродуктов». – Симферополь, 2002. – 86 с.
6. Коршунов О.М. Рабочий проект. Гелиоустановка горячего водоснабжения «АСС – основная» аэропорта города Симферополя. – Симферополь, 2002. – 72 с.
7. Временная типовая методика экономической эффективности осуществления охранных мероприятий и оценки экологического ущерба, причиняемому народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 102 с.