



Лимаренко А. Н.,
Тараненко О. О.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В УКРАИНЕ

В статье рассматривается общий потенциал геотермальных ресурсов Украины. Рассмотрены факторы, которые влияют на масштаб использования геотермальной энергии. Приведены важные аспекты использования геотермальных источников энергии, таких как возобновляемость, комбинирование использования энергии.

Определены основные негативные факторы, влияющие на окружающую среду, и предложены методы их сокращения.

Ключевые слова: энергия, энергосбережение, альтернативные источники энергии, геотермальные тепловые станции, гидротермальная энергия.

1. Введение

Геотермальные ресурсы являются источником неиссякаемой, самовосстанавливающейся, экологически чистой, дешевой, из известных источников, тепловой энергии для общества.

Освоением геотермальных ресурсов занимаются более 70 стран мира.

Стремительное развитие цивилизации в последнее десятилетие, что неразрывно связано со стремительным увеличением доли привлеченных и потребленных ресурсов, в очередной раз ставит вопрос о оптимальности потребления топливных ресурсов.

В Украине разведанные геотермальные ресурсы оценены [1], как ресурсы, в 20 раз больше, чем все вместе теплотворные полезные ископаемые (нефть, газ, конденсат, уголь, торф, древесина, растительная и биологическая масса).

Активное использование альтернативной энергетики актуально не только по причине истощенности ископаемых видов топлива, но и вследствие глобального антропогенного воздействия. То есть, важным аспектом использования альтернативных источников энергии является их экологичность.

Несмотря на кажущуюся простоту и доступность использования геотермальной энергии с помощью турбин и подсоединенных к ним турбогенераторов, техническая и экологическая реализация такого способа получения электроэнергии, является сложной научно-технической проблемой. Технологически и экономически развитые страны, такие как США, Филиппины, Мексика, Италия, Япония, в течение последних 20 лет увеличили затраты на создание новых геотермальных технологий на 2 млрд. долларов США.

2. Анализ исследований и публикаций

В Украине существующий уровень экологической и энергетической безопасности общества характеризуется наибольшим в Европе загрязнением окружающей среды вредными выбросами парниковых газов от сжигания условного топлива (у. т.) во время генерации

тепловой и электрической энергии, импортом значительных объемов газа и нефти на ее территорию, что рассмотрено в работах Б. Белосельского [1], В. Клавдиенко В. [2], Ю. Сибикина [3].

Вопросом уменьшения энергетической зависимости от импорта газа и нефти в Украине, который решался путем развития технологий производства биотоплива и синтеза-газа из угля, занимались А. Шидловский [4], Л. Беляев [5].

Несмотря на значительные запасы геотермальной энергии и технические возможности ее использования, этот альтернативный источник энергии в Украине почти не используется [5, 6]. Существуют единичные предприятия в Закарпатье и Крыму, которые потребляют геотермальную энергию для работы санаториев и теплиц. Замена современных электростанций на ГеоТЭС и перевод коммунальных котельных на геотермальную энергию позволит иметь в наших домах дешевую электроэнергию и тепло [7, 8].

Из вышеописанного можно сделать вывод, что ведущими украинскими учеными и исследователями проведена значительная аналитическая работа в области разработки и внедрения инновационных энергетических продуктов в Украине.

Опыт развитых стран может служить хорошей базой для Украины, если в основу положить отечественный энергетический потенциал.

3. Объект, цель и задачи исследования

Объектом исследования является геотермальная скважина и работа геотермальной тепловой станции для тепло-холодоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Целью исследования является определение факторов, которые влияют на экологическую безопасность при использовании геотермальных ресурсов в Украине.

Учитывая цель исследования, авторы поставили перед собой следующие задачи:

- определить геотермальный потенциал Украины;
- изучить экономические показатели гидрогеотермальных ресурсов;

- обозначить перспективные направления их развития;
- рассмотреть масштабы использования геотермальных ресурсов;
- определить основные преимущества и недостатки использования геотермальных вод.

4. Определение основных экологических факторов при использовании геотермальных ресурсов

Украина имеет значительный потенциал геотермальной энергии. Это обусловлено геотермическими особенностями рельефа и особенностями геотермальных ресурсов страны. К геотермальным ресурсам относят, прежде всего, термальную воду и теплому нагретых сухих горных пород. Так же, к перспективным для использования в промышленных объемах можно отнести ресурсы термальной воды, которая добывается вместе с нефтью и газом на соответствующих месторождениях.

Сейчас в Украине, научная, и практическая работа исследований сосредоточена только на геотермических ресурсах, которые представлены горячими водами. Согласно различным оценкам экономически жизнеспособных источников энергии горячих вод в Украине около 8,4 млн. тонн нефтяного эквивалента в год. В Украине есть достаточно геотермических областей с потенциалом высокой температуры (120–180 °С), который позволяет использовать месторождения с высокой геотермической температурой для производства электроэнергии.

В Украине было заложено более 12 тысяч скважин для определения теплового поля, большинство из которых детально изучено ведущими учеными и исследователями Украины. По этим данным составлено атлас геотермальной энергии на разных глубинах.

Тепловая энергия Земли, указано в [2], является энергетическим ресурсом. Гелиоэнергетические ресурсы Украины на проектных глубинах характеризуют теплофизические параметры Земли, а именно, температуры и плотности теплового потока. В соответствии с проведенными исследованиями можно выделить две зоны распределения геотермальных ресурсов (35–50 мВт/м²) и аномальных (60–130 мВт/м²) на территории Украины.

Наиболее перспективными регионами Украины по развитию геотермальной энергетики является Луганская, Харьковская, Донецкая восточная часть Днепропетровской области (около 12 млн. человек) с глубинами скважин до 3000 м; западная часть Днепропетровской, а также Полтавская, Черниговская и Сумская (около 5,3 млн. человек) области с глубинами скважин 3500 м. На западе страны: Львовская, Ивано-Франковская, Черновицкая и Закарпатская области (около 6,2 млн. человек) с глубинами скважин до 3000 м. На юге: Одесская, Николаевская, Херсонская и весь Крымский полуостров (около 7,5 млн. человек), где скважины будут иметь глубины до 3000 м [3].

Уже сейчас с минимальными финансовыми затратами можно использовать истощенные нефтяные и газовые скважины, для получения горячей воды. Возможно также наладить использование и добычу термальных вод и углеводородов одновременно.

Каждая четвертая скважина в Полтавской и Ивано-Франковской области может использоваться для получения энергии. Масштабное использование этого типа

геотермальных ресурсов не требует проведения предварительных подготовительных работ, отдельную геологическую разведку, бурение промышленных скважин, вложение значительных средств.

Проведенный технико-экономический анализ позволяет авторам статьи утверждать, что при разработанных технологиях извлечения тепла термальных вод экономически обоснованным являются разработка и эксплуатация скважин глубиной не более 5 км. Тепловой потенциал термальных вод на этой глубине достигает 100 °С.

При этом преобладающими является, гидротермальный нагрев, при применении которого замена ископаемого топлива больше, чем при производстве электроэнергии, для технологических целей, добычи ценных химических компонентов, бальнеология и др.

Экономически целесообразные для использования в перспективе ресурсы низкопотенциальной теплоты естественного и техногенного происхождения, которые могут утилизироваться тепловыми насосами, оцениваются в 22,7 млн, у. т. на уровне 2030 года.

Из всех видов геотермальной энергии имеют лучшие экономические показатели гидрогеотермальные ресурсы — термальные воды, пароводяные смеси и естественный пар [4].

Специалисты Государственного агентства по эффективности и энергосбережению Украины отмечают, что если бы весь мир полностью переключился на использование геотермальной энергии, для того, чтобы температура недр Земли снизилась всего на полградуса, прошло бы 41 миллиард лет.

Если рассматривать, с точки зрения наличия геотермальных ресурсов, то проблем нет. В свою очередь, решение насущных проблем использования геотермальных теплоносителей для производства электрической и тепловой энергии в данный момент осложняется некоторыми нерешенными задачами, которые можно объединить в две группы: потребность в разработке с экологической точки зрения утилизации охлажденных геотермальных вод (возможной закачки их обратно в пласт), так же возможна разработка скважин с недостаточной водообеспеченностью и это может привести к удорожанию работ.

Гидрогеотермальные ресурсы, которые используют для производства электроэнергии, составляют 4 % от общих разведанных запасов, поэтому их использование в будущем необходимо рассматривать с отоплением и для локальных местных объектов.

Масштабное использование геотермальной энергии определяются несколькими факторами: необходимость финансирования постройки скважин, цена которых увеличивается с увеличением глубины. Термальные воды можно использовать двумя способами: фонтанным (горячая вода сбрасывается в местный водоем) и циркуляционным (горячая вода повторно закачивается в скважину).

Первый способ проще и требует меньше финансовых затрат, но экологически небезопасный, второй дороже, при использовании которого обеспечивается сохранение окружающей среды [5].

Современные технологии с использованием возобновляемых источников энергии (геотермального тепла Земли, энергии солнца, ветра, приливов) выгодно отличаются экологической чистотой и по эффективности почти приближаются к традиционным.

Сегодня Украина придает вопросу энергосбережения и энергоэффективности очень важное значение и ставит его решение на первое место в своем стратегическом развитии. Особенно острой эта проблема встала после газового кризиса между Россией и Украиной в вопросах поставок «Голубого топлива». Как известно, Украина относится к энергодефицитным странам. Годовой технически достигаемый энергетический потенциал геотермальной энергии в Украине есть эквивалентным 12 млн. тонн. у. т., его использование позволит сэкономить около 10 млрд. м³ природного газа [6].

В результате нехватки территорий, где расположены необходимые для использования горячие сухие породы, а также недостаток экономически эффективных технологий, по масштабам использования тепла недр Украина существенно отстает от многих европейских стран. Также необходимо будет решить вопрос экономического эффективных технологий получения и использования горячей воды. Проблематической является унификация технических схем и оборудования геотермальных тепловых станций, поскольку геологические свойства, тепловой потенциал, химический состав изменяется в зависимости от расположения месторождения.

Развитие и использование альтернативной энергетики актуально не только по причине истощения ископаемых видов топлива, но и вследствие глобального губительного воздействия на окружающую среду. Важным аспектом использования альтернативных источников энергии является их экологичность.

Развивающиеся страны увеличат долю потребления энергии в три раза, а объемы выбросов двуокиси углерода ежегодно увеличатся на 2,1 %. Такой сценарий представляет собой реальную угрозу глобальных антропогенных климатических изменений, поэтому роль экологически возобновляемых и альтернативных источников энергии непременно расти [7].

Международный конгресс по геотермальной энергетике в г. Флоренция признал ее сравнительно с другими альтернативными источниками энергии самой выгодной, экологически чистой, безопасной, дешевой.

Источник геотермальной энергии разнопланово влияет на окружающую среду. В атмосферу выбрасывается дополнительное количество растворенных в геотермальных водах соединений серы, бора, мышьяка, аммиака, ртути; поступает водяной пар, увеличивается влажность; выбросы пара сопровождается акустическим эффектом; провалы земной поверхности; в грунт поступает геотермальный рассол.

Преимуществом использования геотермальных электростанций есть и их экологичность. Отработанные воды откачиваются обратно в скважину, это позволит обеспечить экологическую безопасность региона и стабильность технологического процесса. Геотермальные электростанции вырабатывают значительно меньшее количество вредных веществ в атмосферу — геотермальная станция производит выброс CO₂ на 1 мВт·ч выработанной энергии в размере 0,45 кг, тогда как теплоэлектростанция, работающая на природном газе — 464 кг, на мазуте — 720 кг, на угле — 819 кг [8].

Для установки геотермальной электростанции необходимо сравнительно меньшие участки земли, чем для строительства ТЭС, их можно размещать даже в курортной зоне.

Геотермальные электростанции оказывают негативное воздействие на окружающую среду в период разработки месторождения, прокладки паропроводов, это воздействие обычно ограничивается районом месторождения.

Горячую воду или пар добывают при помощи скважин, которые бурят на глубину от 300 до 2700 м. Под действием пластового давления теплоноситель поднимается на поверхность, где его используют в турбинах [9].

Негативными последствиями добычи геотермальных теплоносителей являются провалы грунта и землетрясения. Провалы грунта могут наблюдаться по всему месторождению, за счет опускания нижних слоев грунта, на которые давят верхние слои и уменьшения добычи геотермальных источников и частичной или полной выработки геотермального месторождения.

Повышенная сейсмическая активность может быть признаком нахождения термальных месторождений, часто это используют при разведке месторождений.

Однако нет оснований считать, что добыча геотермальных ресурсов может привести к увеличению сейсмической активности в регионе, так как количество землетрясений в зоне разработки геотермальных месторождений, вызванных действием вулканов, значительно меньше интенсивности землетрясений, которые происходят в результате движений земной коры по разломам.

Технологический процесс производства электрической энергии на геотермальных тепловых станциях не требует сжигания ископаемого топлива, вследствие чего объем вредных газов, которые поступают в атмосферу, намного меньше, чем на тепловых электростанциях, и по химическому составу они отличаются от выбросов станций на газообразном топливе. Произведенный на геотермальных станциях пар в основном является водяным. 80 % газовых примесей — это двуокиси углерода и небольшая часть метана, водорода, азота, аммиака и сероводорода. Самым опасным и вредным является сероводород (0,0225 %). В состав геотермальных вод входят в растворенном виде такие газы, как SO₂, N₂, NH₃, H₂S, CH₄, H₂ [10].

Потребление охлаждающей воды на геотермальных станциях (на 1 кВтч произведенной электроэнергии) в 4–5 раз больше, чем на теплоэлектростанциях, что связано с более низким КПД. Охлаждение отработанного теплоносителя и конденсата в местных водоемах может привести к их тепловому загрязнению, повышению концентрации солей, хлористого натрия, аммиака, кремнезема, и таких элементов, как бор, мышьяк, ртуть, рубидий, цезий, калий, фтор, натрий, бром, йод, хотя и в незначительных количествах. С увеличением глубины скважин может расти и концентрация этих вредных веществ [11].

При эксплуатации геотермальных тепловых станций возможно загрязнение поверхностных и грунтовых водоносных слоев при выбросе растворов с высокой концентрацией при проведении буровых работ. Слив отработанного теплоносителя может привести к заболачиванию местности в условиях повышенной влажности климата, а в районах с сухим климатом к увеличению концентрации солей. При прорыве трубопровода на поверхность грунта может попасть большое количество рассолов.

КПД геотермальных станций в 2–3 раза меньше, чем у атомных электростанций и тепловых электростанций, при этом они в 2–3 раза больше выбрасывают в атмосферу тепла. Для уменьшения пагубного

воздействия на окружающую среду необходимо рекомендовать применение круговой циркуляции теплоносителя на геотермальных станциях по схеме системе «скважина — агрегаты для утилизации тепла — скважина — пласт». В свою очередь это даст возможность сократить поступление теплоносителя на поверхность грунта, в грунтовые водоносные слои и озера, даст возможность сохранить пластовое давление, исключить провалы грунта и уменьшить сейсмическую активность.

Неблагоприятные экологические воздействия геотермальной энергетики на окружающую среду:

- отчуждение земель;
- изменение уровня грунтовых вод, провалы грунта, заболачивание;
- выбросы газов (метан, водород, азот, аммиак, сероводород);
- выброс тепла в атмосферу или в поверхностные воды, которые создают локальное повышение влажности воздуха и сопровождаются акустическим влиянием;
- сброс отравленных вод и конденсата, загрязненных в небольших количествах аммиаком, ртутью, кремнеземом;
- загрязнение подземных вод и водоносных слоев, засоление почв;
- выбросы больших количеств рассолов при разрыве трубопроводов;
- выбросы радиоактивных элементов с парами;
- изменение температурных полей подземных горизонтов.

5. Обсуждение результатов определения основных экологических факторов при использовании геотермальных ресурсов

Очевидно, что целесообразность использования геотермальной энергетики в Украине определяется наличием на ее территории источников геотермальной энергии. Развитие альтернативной энергетики — это шаг, который поможет Украине избавиться от энергозависимости.

В проведенном исследовании авторам удалось определить положительные моменты развития альтернативной энергетики в Украине, такие как большой, уже изученный потенциал, необходимая сырьевая база, опытные специалисты, достаточная нормативно-правовая база. Для сокращения воздействий на окружающую среду было предложено повторное использование теплоносителя на геотермальных станциях, что позволит избежать поступления геотермальных рассолов на поверхность земли, грунтовые воды, водоемы, исключить заболачивание местности, проседание грунта, подвижки земной коры.

Авторам так и не удалось определить финансовые затраты внедрения энергоэффективных проектов из-за сложной экономической ситуации, которая сложилась в Украине, а также недостаточного уровня сознания преимуществ возобновляемой энергетики и использования ее только локально для определенного объекта.

Проведенное исследование может быть использовано для разработки стимулов для непосредственных потребителей альтернативных и возобновляемых источников энергии; разработки и применения нового оборудования для очистки повторно используемых геотермальных вод; постройки показательных и демонстрационных объектов, консультационных центров, особенно в регионах;

опровержения теории сейсмоактивности геотермальных регионов.

В дальнейших исследованиях авторы планируют изучать усовершенствования методов извлечения геотермальных вод с минимальным экологическим вредом.

6. Выводы

В результате проведенных исследований определено:

1. Геотермальный потенциал Украины, основные перспективные регионы использования геотермальной энергии.
2. Для уменьшения затрат на постройку геотермальной скважины предлагается использовать истощенные нефтегазовые скважины.
3. Проведенным технико-экономическим анализом была определена экономически обоснованная глубина скважин и температура теплоносителя.
4. Описаны причины, осложняющие использование термальных вод в теплоэнергетике.
5. Определены основные сферы масштабного использования термальных вод для отопления, горячего водоснабжения, охлаждения, добычи ценных химических компонентов.
6. Проанализированы преимущества и недостатки использования геотермальной энергии, характерные разноплановые воздействия геотермальных источников на окружающую среду.
7. Выявлены наиболее вредные отравляющие газы, которые содержатся в растворенном виде в геотермальных водах, как сероводород, оксид серы, азот, аммиак, метан.
8. Был проведен сравнительный анализ КПД геотермальной станции с атомной электростанцией, тепловой электростанцией, который показал, что КПД в геотермальной станции в 2–3 раза меньше, но при этом и загрязняющих тепловых выбросов в 2–3 раза меньше.

Литература

1. Белосельский, Б. С. Технология топлива и энергетических масел [Текст] / Б. С. Белосельский. — М.: МЭИ, 2005. — 346 с.
2. Клавдиенко, В. П. Нетрадиционная энергетика в странах ЕС [Текст] / В. П. Клавдиенко. — М.: Наука, 2006. — С. 42–46.
3. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии [Текст] / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. — М.: ИП РадиоСофт, 2008. — 338 с.
4. Шидловський, А. К. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії [Текст] / під заг. ред. А. К. Шидловського. — Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. — 560 с.
5. Беляев, Л. С. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы [Текст] / Л. С. Беляев, А. В. Лагерева, В. В. Посекалин и др. — Новосибирск: Наука, 2004. — 356 с.
6. Денис, О. Б. Будинок «нуль енергії»... тому що Земля і Сонце не виставляють рахунків [Текст]: зб. ст. / О. Б. Денис. — Львів: ЕКОінформ, 2008. — 336 с.
7. Даковські, М. Про енергетику для споживачів та скептиків [Текст] / М. Даковські, С. К. Вяницьки. — Львів: ЕКОінформ, 2007. — 212 с.
8. Забарный, Г. Н. Технико-экономическое исследование целесообразности промышленного освоения для целей тепло-снабжения термальных вод мнгоценного термоводосносного комплекса Закарпатского региона [Текст] / Г. Н. Забарный, А. В. Шурчков, А. А. Задорожная. — Киев, 1999. — 247 с.
9. Кудря, С. О. Перспективи заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів за рахунок використання енергії, виробленої на об'єктах альтернативної енергетики [Текст] / С. О. Кудря, Б. Г. Тучинський, А. Р. Щокін // Энергосбережение. Всеукраинский научно-технический журнал. — 2007. — № 1. — С. 14–22.

10. Luetscher, M. Temperature distribution in karst systems: the role of air and water fluxes [Text] / M. Luetscher, P.-Y. Jeanin // Terra Nova. — 2004. — Vol. 16, № 6. — P. 344–350. doi:10.1111/j.1365-3121.2004.00572.x
11. Клименко, П. П. Техноэкология [Текст] / П. П. Клименко. — Одеса, 2000. — 542 с.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ОТРИМАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

У статті розглядається загальний потенціал геотермальних ресурсів України. Розглянуто чинники, які впливають на масштаб використання геотермальної енергії. Наведено важливі аспекти використання геотермальних джерел енергії, таких як відновлюваність, комбінування використання енергії.

Визначені основні негативні чинники, що впливають на довкілля, та запропоновано методи їх скорочення.

Ключові слова: енергія, енергозбереження, альтернативні джерела енергії, геотермальні теплові станції, гідротермальна енергія.

Лимаренко Алексей Николаевич, аспирант, кафедра теплогазоснабжения вентиляции и теплоэнергетики, Полтавский на-

циональный технический университет им. Юрия Кондратюка, Украина, e-mail: tonus82@mail.ru.

Тараненко Олеся Александровна, старший преподаватель, заместитель директора по учебной работе, Миргородский художественно-промышленный колледж им. Н. В. Гоголя Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка, Миргород, Украина, e-mail: olesia2010mkt@mail.ru.

Лимаренко Олексій Миколайович, аспірант, кафедра теплогазопостачання вентиляції та теплоенергетики, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, Україна.

Тараненко Олеся Олександрівна, старший викладач, заступник директора з навчальної роботи, Миргородський художньо-промислового коледж ім. М. В. Гоголя Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка, Миргород, Україна.

Lytsarenko Oleksiy, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine, e-mail: tonus82@mail.ru.

Taranenko Olesia, Gogol Mirgorod Art and Industrial College, Poltava National Technical Yuriy Kondratyuk University, Mirgorod, Ukraine, e-mail: olesia2010mkt@mail.ru

УДК 621.311 : 338.001.36

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.42789

**Клён А. Н.,
Ефременко В. В.**

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЧАСТНЫХ ДОМОВЛАДЕНИЯХ

Рассмотрены вопросы экономической эффективности и особенностей создания частных сетевых солнечных электростанций в Украине. Определены возможности использования «зеленого тарифа». Рассчитаны капитальные и текущие затраты, которые понесет домовладение в случае использования сетевых солнечных электростанций, прибыль от выработки электроэнергии солнечной станцией, срок окупаемости затрат при их использовании.

Ключевые слова: сетевая солнечная электростанция, «зеленый тариф», экономическая эффективность, срок окупаемости.

1. Введение

Энергетическая независимость является одной из ключевых проблем в Украине. В условиях отсутствия в стране крупных месторождений ископаемого топлива, способных в полной мере удовлетворить потребности экономики, остро стоит задача увеличения доли энергии, получаемой от источников других типов, в первую очередь — электрической. Нарастание мощностей электроэнергетики сопряжено не только с необходимостью огромных инвестиций для создания классических электростанций большой мощности (что в условиях жесткой бюджетной экономии и неблагоприятной социально-политической ситуации для частного инвестирования представляется весьма проблематично), но и с проблемами экологической безопасности (тепловые и атомные электростанции).

Этим обосновывается актуальность проведенного исследования.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Одним из путей повышения энергетической безопасности Украины может быть развитие электроэнергетики, основанной на получении энергии от альтернативных источников (наиболее популярными из которых являются солнечные и ветровые станции). При этом важным моментом является то, что повысить энергетическую безопасность при помощи возобновляемых источников энергии могут не только крупные предприятия, но и обычные граждане, установившие у себя солнечные или ветровые энергоустановки. Насколько выгодными являются инвестиции в частные сетевые электростанции и с какими проблемами сталкивается предприниматель при их установке, и посвящена данная статья.

Вопросы экономической эффективности построения частной сетевой солнечной электростанции, которым посвящена данная статья, рассматриваются в работах [1–5].