



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Общие вопросы / General problems

Обзорная статья / Review article

УДК: 330.15+574

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-12-31

### ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ОДНОГО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ ЮГА РОССИИ

*Наталья В. Бондарчук, Екатерина С. Титова\**

*Российский университет дружбы народов,  
Москва, Россия, es\_titova@inbox.ru*

**Резюме. Цель.** Провести анализ основных тенденций в развитии возобновляемой энергетики, как одного из направлений в стратегии устойчивого развития, а также охарактеризовать перспективы производства и использования основных возобновляемых источников энергии в отдельных регионах Юга России. **Результаты.** Представлены материалы, свидетельствующие о том, что во многих странах мира сложилась очевидная тенденция к росту производства и использования возобновляемых источников энергии, которую отражают постоянно возрастающие объемы инвестиций в соответствующие области экономики. За последние 10 лет активно проводившаяся инновационная деятельность привела к развитию производства солнечной и ветровой энергии, а также биотоплива до уровней значимых экономических факторов. В частности, появился ряд биотехнологических решений, обеспечившие создание предприятий, выпускающих биотоплива второго и третьего поколений, благодаря чему не только реализуется производство возобновляемых источников энергии, но осуществляется утилизация разнообразных отходов, а, следовательно, возникают предпосылки для снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. С учетом существования ряда демографических, климатических, экономико-географических и некоторых других характеристик проведен анализ состояния и перспектив развития возобновляемой энергетики в четырех регионах Юга России: Астраханской и Ростовской областях, Республике Крым (Южный федеральный округ), Ставропольском крае (Северо-Кавказский федеральный округ). **Заключение.** Из приведенных данных следует, что в четырех крупных регионах Юга России в рамках государственных и областных программ, а также в порядке частных инициатив началась производственная деятельность по использованию возобновляемой энергетики, развитие которой в ближайшей перспективе может привести к значимым результатам для экономики этих регионов, а также способствовать улучшению экологической обстановки.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, экология, утилизация отходов, лингоцеллюлозные биомассы, биотопливо, Юг России.

**Формат цитирования:** Бондарчук Н.В., Титова Е.С. Перспективы возобновляемой энергетики как одного из направлений устойчивого развития некоторых регионов Юга России // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.12-31. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-12-31

### RENEWABLE ENERGY PROSPECTS AS ONE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT DIRECTION IN SOME SOUTH RUSSIAN REGIONS

*Natalia V. Bondarchuk, Ekaterina S. Titova\**

*Peoples' Friendship University of Russia,  
Moscow, Russia, es\_titova@inbox.ru*

**Abstract. Aim.** To undertake the analysis of renewable energy development trends as one of the direction in sustainable development strategy, also to define renewable energy production and using prospects in some South Russian regions. **Results.** Obvious tendency of increasing renewable energy production in different countries is repre-



sented by investment volume increasing materials. Innovative activity during last ten years has led solar, wind also bioenergy production development to the economically viable level. In particular, there was a number of biotechnology solutions provided creation enterprises producing second and third generation biofuel. For this reason, renewable energy production provides an opportunity to waste conversion and forms supposition for negative anthropogenic environmental impact decreasing. Taking into attention the existence of demographic, climatic, economical and geographic and some other characteristics the analysis of current condition and development prospects of renewable energy production in South Russia regions: the Astrakhan and Rostov Regions, Republic of Crimea (Southern Federal District), the Stavropol Territory (North Caucasian Federal District) has been conducted. **Main conclusions.** Presented facts show the beginning of renewable energy production development which can become possible because of state and regional programs, also private initiatives. In near-term prospect this development may cause significant economical results and improve ecological situation.

**Keywords:** renewable energy, ecology, waste recycling, lignocellulose biomass, biofuel, South of Russia.

**For citation:** Bondarchuk N.V., Titova E.S. Renewable energy prospects as one of sustainable development direction in some South Russian regions. *South of Russia: ecology, development*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 12-31. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-12-31

## ВВЕДЕНИЕ

В современных концепциях стратегий устойчивого развития, предлагаемых и для целых стран и для отдельных регионов, принципиальное значение придается проблемам возобновляемой энергетики, которой отводят важные роли в энергообеспечении промышленных предприятий, сельскохозяйственных комплексов, различных видов транспорта и многочисленных бытовых потребителей (например, см. [1-5]). Считается, что возобновляемая энергетика должна основываться на самых разных природных ресурсах, которые, в отличие от традиционных, таких как нефть и газ, можно рассматривать как неисчерпаемые (солнечный свет, ветер, потоки рек, морские приливы, геотермальные источники и др.). При этом в качестве особых источников для возобновляемой энергетики рассматривают различные биомассы естественного и антропогенного происхождения, которые образуются из специально выращенных для получения энергии растений, а также входят в состав отходов производства и потребления [6; 7]. Соответственно, от формирования и активного использования возобновляемой энергетики ожидают нескольких существенных эффектов, важных для устойчивого развития [1; 5-7]. Во-первых, очевидно, что применение неисчерпаемых источников энергии должны будут снизить зависимость от ископаемого углеродного сырья экономики разных стран и регионов, в частности, тех которые в силу геологических особенностей вынуждены покупать данное сырье. Во-вторых, предполагается, что переход (хотя бы частичный) к возобновляемой энергетике позволит существенно уменьшить выбросы парниковых

газов и тем самым окажет положительное (стабилизирующее) влияние на экологическую обстановку, также окажет мощный стимул развития новых технологий. В-третьих, утилизация антропогенных отходов, которые уже начали использовать как возобновляемые источники энергии, естественно, должно обеспечивать защиту окружающей среды от серьезно угрожающих различных загрязнителей.

Наконец, для бесперебойного функционирования предприятий, генерирующих возобновляемую энергию, потребуется как создание новых рабочих мест, так и организация подготовки (обучения) соответствующих специалистов. В целях реализации сформирован образовательный стандарт РФ «Специалист по организации производства в сфере биоэнергетики и биотоплива» [8]. Это, в свою очередь, будет способствовать решению проблем занятости, что рассматривается в качестве существенных условий для успешной реализации стратегии устойчивого развития.

В целом принципиальное значение происходящих экономических процессов, связанных с возобновляемой энергетикой, отмечается во многих публикациях, в частности в документах конференции ООН в Рио-де-Жанейро, где указывается, что переход на устойчивое развитие является глобальной задачей всего мирового сообщества, всех государств независимо от уровня развития, от формы системы экономики (по [3]).

Известно, что существующие экономические, климато-географические и другие условия, при которых происходит развитие отдельных регионов нашей страны значимо



различаются (даже у соседствующих на Юге России, включая рассматриваемые ниже). Соответственно, для рассмотрения разработок общих программ или отдельных проектов, направленных на реализацию стратегии устойчивого развития, представляется необходимым проанализировать как складывающиеся в мировой практике тенденции формирования возобновляемой энергетики, так и комплексные оценки status quo конкретного региона. В данной статье с учетом общих условий Юга России при рассмотрении основных тенденций в формировании возоб-

новляемой энергетики будут сделаны акценты на вопросы, связанные с использованием солнечной энергии, энергии ветра и производством биотоплива. Исходя из общепринятой практики, что для любой программы или проекта необходим учет различных экономических и природных ресурсов (по [4; 9]), ниже приводятся специально отобранные материалы о состоянии и перспективах развития возобновляемой энергетики в четырех регионах Юга России – Астраханской области, Республики Крым, Ростовской области и Ставропольском крае.

### ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проведенный анализ данных динамики производства энергии из альтернативных источников с 2000 по 2015 гг. в мире (по [1]), также определенные прогнозные значения до 2018 г. позволяют сформировать экспоненциальную линию тренда производства

энергии из альтернативных источников с 2000 по 2018 гг. (рис. 1), отражающую тенденцию роста данного вида производства. Коэффициент достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) составляет 0,9727.

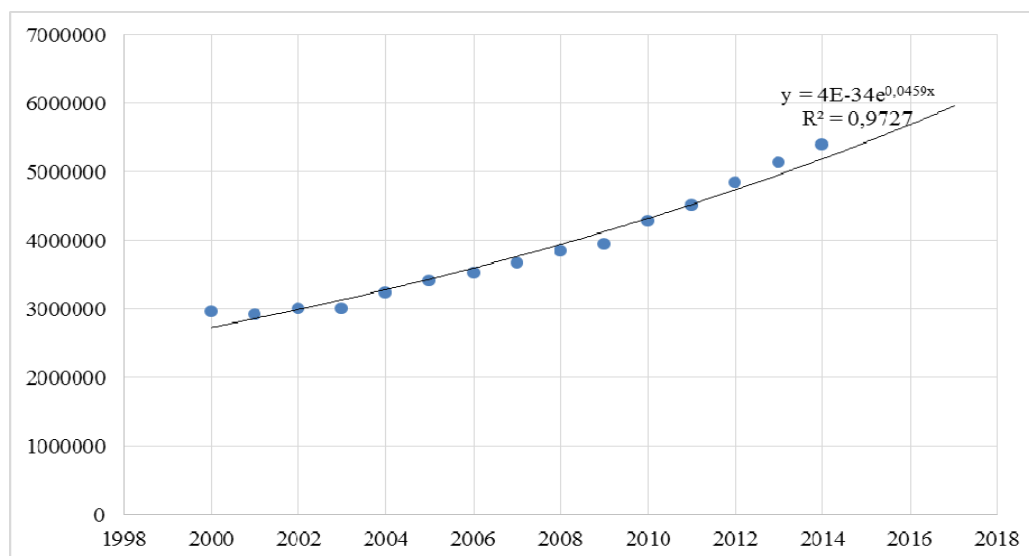


Рис. 1. Экспоненциальная линия тренда производства энергии из альтернативных источников, 2000–2018 гг., млн. тонн.

Fig. 1. Renewable energy generation trend exponential line, 2000–2018, million tonnes

Далее, на рис. 2 показаны данные, приводимые международным агентством по возобновляемым источникам энергии, которые свидетельствуют о том, что за последние 10 лет уровень инвестиций в развитие возобновляемых источников энергии по всему миру вырос более чем в 4 раза и достиг к 2015 году 285,9 млрд. долл. (по [1]).

При этом видно, что у инвесторов особыми предпочтениями пользовались три вида возобновляемых (альтернативных) ис-

точников энергии: солнечная энергия, энергия ветра, а также производство биотоплива из растительного сырья и отходов производства (вместе с отдельно подсчитанным на рис. 2 жидким биотопливом).

Очевидно, что тому существуют различные причины. Например, по имеющимся оценкам, солнечная энергия, достигающая Земли, обладает настолько значительным потенциалом, что если обеспечить его реализацию в энергоисточник, пригодный для ис-



пользования, то он будет превышать все существующие ресурсы нефти, угля, газа и другие источники ископаемого топлива [10-12]. Соответственно, солнечная энергетика, цитированными выше и многими другими авторами, рассматривается как один из самых перспективных подходов в развитии возобновляемых источников энергии. По-

добное отношение складывается и в отношении энергии ветра [13; 14]. Таким образом, некоторые из современных тенденций и инноваций в использовании солнечной и ветровой энергии как альтернативных энергоресурсов заслуживают специального рассмотрения в связи с перспективами их возможного применения на территории России.

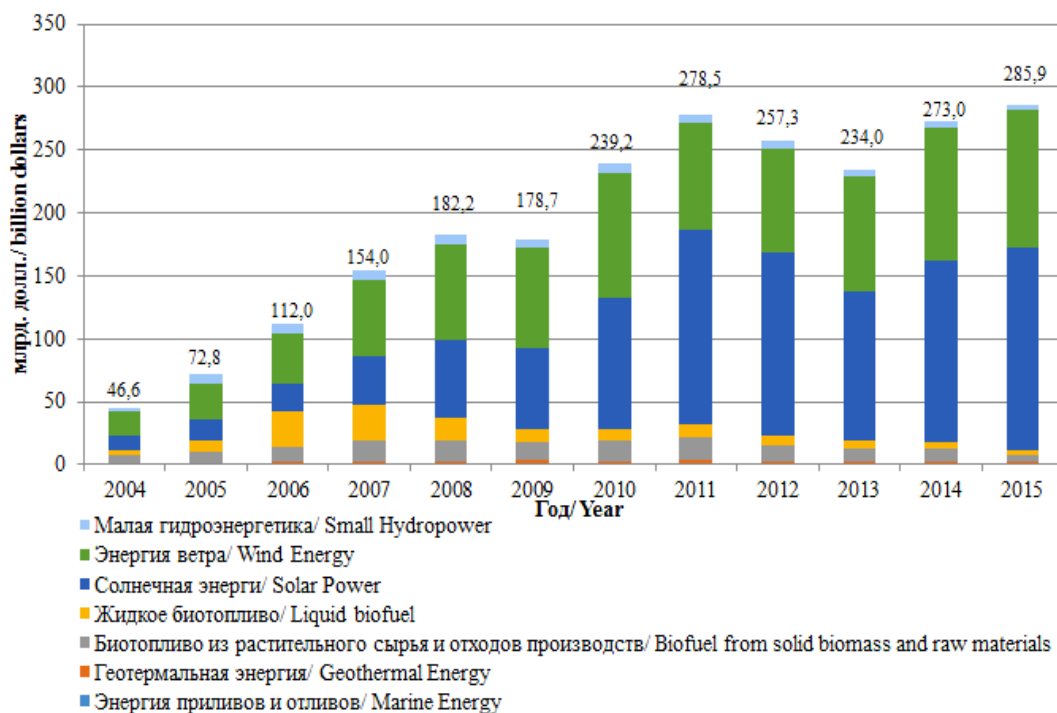


Рис. 2. Мировые инвестиции в производство возобновляемых (альтернативных) источников энергии 2004-2015 гг., в млрд. долл.

Fig. 2. Global investment in renewable energy generation 2004-2015, billion dollars

Несколько иные причины обычно отмечают, определяя особое место среди возобновляемых источников энергии различным видам биотоплива [5; 15; 16]. В частности указывают, что производство биотоплива ведет к получению продуктов – энергоносителей, способных не только удовлетворять энергетические потребности в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте и быту, но и снизить негативное антропогенное воздействие на окружающую среду [5; 15]. Так, современные инновационные подходы к организации производства различных видов биотоплива привели к тому, что важным используемым сырьем стали промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы [15; 17; 18]. Иными словами, производство биотоплива может сопровождаться удалением постоянно накапливающихся

разнообразных загрязнителей, которые создают угрозы нарушения экологического равновесия в соответствующих регионах.

В соответствии с докладом главы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.Е. Донского к 2020 г. объем переработки С.Е. Донского к 2020 г. объем переработки отходов в России увеличится в 2 раза, а к 2025 году – в 10 раз [19].

Кроме того, использование биотоплива снижает образование парниковых газов, а, следовательно, оказывает позитивное влияние на регистрируемые изменения климата [5; 20]. Как следствие, ниже в отдельном разделе будет представлен и анализ некоторых общих тенденций, сложившихся за последние десять лет в производстве биотоплива с акцентом на эколого-инновационные аспекты.



***Современные тенденции и инновации в использовании солнечной и ветровой энергии как альтернативных энергоресурсов***

При рассмотрении солнечной и ветровой энергии как экономических факторов, способных сыграть определенные роли при реализации стратегии устойчивого развития, нельзя не отметить, что у этих факторов есть ряд принципиально важных общих особенностей (по [11; 13; 14]). Во-первых, очевидно, что и солнечная, и ветровая энергия являются дарами природы, которые бесплатно предоставляются человечеству. Однако для их использования в различных областях экономики, или в быту, они должны быть преобразованы в другие виды энергии (например, в электроэнергию), которые будут пригодны к непосредственному употреблению. Во-вторых, предоставление и солнечной, и ветровой энергии происходит не постоянно, а лишь время от времени. При этом периоды прекращения поставок мало предсказуемы, тогда как действующим в современной экономике потребителям требуется устойчивое энергообеспечение. В-третьих, сильно варьируют и количества предоставляемой энергии как солнечной, так и ветровой особенно в зависимости от климато-географических и ряда других условий, в частности от времени года. Соответственно, такая вариабельность указанных экономических факторов должна учитываться при включении их в создаваемые производственные цепочки. В-четвертых, необходимым условием для развития солнечной и ветровой энергетики представляется рентабельность вложений средств в соответствующие предприятия. Как следствие (а также с учетом многолетнего опыта применения солнечной и ветровой энергии в разных целях), для улучшения условий использования этих альтернативных энергоресурсов в последние годы было выполнено множество инновационных разработок, ряд из которых представляются весьма перспективными и могут быть интересными для отечественной экономики. Некоторые из них рассматриваются ниже.

При существовании отмеченных выше общих особенностей использование солнечной и ветровой энергии, конечно, во многом различается, что в первую очередь связано с подходами к преобразованию этих факторов в такие виды энергии, которые пригодны к непосредственному употреблению. Так, преобразование ветровой энергии обычно осуществляется в электроэнергию через меха-

ническую работу ветровых турбин, функционирование которых в больших (промышленных) масштабах сопровождается значительным шумом, способным даже оказывать влияние на здоровье проживающих поблизости людей [13; 14; 21].

Как результат, электроэнергия, преобразованная из ветровой энергии, собирается с помощью системы аккумуляторов, от которых она поступает потребителям (например, [14; 22]). Таким образом, во многом преодолеваются затруднения, связанные с выраженным непостоянством поступления ветровой энергии. Однако при производстве ветровой энергетики сохраняются различные (в том числе и экономические) проблемы (например, [22; 23]). Для их разрешения в странах – лидерах продолжаются инновационные разработки, которые направлены на оптимизацию технологий, обеспечивающих конверсию энергии ветра в электроэнергию [14; 21-24]. Одной из актуальных тенденций в этих разработках стало привлечение нанотехнологий для создания электрогенераторов и аккумуляторов с улучшенными свойствами [22; 24].

Для экономически целесообразного использования солнечной энергии (как альтернативного источника энергии) предложено несколько основных подходов, которые предусматривают получение электроэнергии, тепловой энергии, непосредственную конверсию в топливо (например, за счет фотокатализа с образованием  $H_2$ ) или опосредованную через образование богатых энергией химических соединений, а также через процессы фотосинтеза в специально отобранных и культивируемых растительных организмах, включая водоросли [10; 11; 14; 25; 26]. Анализ и отдельные примеры инновационной деятельности, осуществляющейся в рамках первых трех подходов, будут приведены ниже, а общую информацию о четвертом подходе, связанном с использованием растений, представляется логичным включить в следующий раздел, посвященный биотопливу.

Характеризуя первый подход, надо отметить, что уже в XX веке для превращения солнечной энергии в электроэнергию были созданы полупроводниковые фотоэлементные солнечные панели (батареи), которые нашли широкое применение в регионах





с жарким климатом (юг США, отдельные государства центральной и Южной Америки, Саудовская Аравия, Австралия и др.) [10; 11; 14; 27]. Как правило, такие панели состоят из фотогальванических модулей, состоящих из специальных ячеек, в которых используются кристаллические кремниевые пластины. Ячейки должны быть электрически соединены последовательно (одна к другой) для достижения желаемого выходного напряжения и защищены от механических повреждений, а также от влаги.

Хотя в эксплуатации солнечные панели оказались достаточно устойчивыми и простыми для обслуживания, их КПД оставался низким (обычно около 20%), а стоимость - высокой, что естественно негативно сказывалось на цене производимой электроэнергии и стало побуждающим стимулом к инновационной деятельности [11; 12; 27; 28]. Так, с началом XXI века появились различные предложения, направленные и на улучшение свойств фотоячеек и на конструктивную оптимизацию фотогальванических модулей. Например, были предложены к использованию солнечные ячейки сенсибилизированные красителями («dye-sensitized solar cells» по [27]). Параллельно стали разрабатываться так называемые полугибкие модули, которые формировались на основе тонкопленочных ячеек, позволяющие более эффективно поглощать солнечную энергию [28; 29]. Кроме того, первоначально предложенные ячейки фотогальванических модулей могли генерировать электроэнергию, поглощая фотоны из определенного сравнительно узкого диапазона частот. Соответственно, рассматривались предложения по разделению солнечного света на разные диапазоны длин волн с последующим направлением отдельных пучков на разные группы ячеек, настроенные на эти диапазоны. Подробнее с предысторией и предлагавшимися инновациями, направленными на повышение функциональных и экономических характеристик солнечных панелей, производившихся в первой декаде XXI века, можно познакомиться в специальных обзорах, например, в работе Alsalmi M.S. et al. [29]. Эта проблематика сохранила свою актуальность и во второй декаде XXI века, когда для решения существующих проблем предлагается применять специальные нанотехнологии [30]. Генерированная от солнечной электроэнергии, как и в случае с ветровой энергией, со-

бирается с помощью системы аккумуляторов, от которых она поступает потребителям [14; 22].

Второй подход к использованию солнечного света как альтернативного источника энергии осуществляется путем преобразования его в тепловую энергию обычно с помощью различных тепловых коллекторов. Разработки таких коллекторов начались еще в середине XX века, а в 1977 г. первый патент на такой коллектор зарегистрировал в США Goettl William H. [31]. В XXI веке благодаря активной инновационной деятельности был предложен ряд технологических решений для конструирования и использования тепловых коллекторов (от обогрева помещений и обеззараживания воды до получения электроэнергии), что обеспечило их широкое применение во многих странах, отраженное в сотнях публикаций, например, [32-34]. О достигнутом прогрессе можно судить, сравнив первые простые конструкции, представлявшие собой плоские контейнеры, покрытые стеклом или пластмассой, пропускающей свет, и хорошо изолированные снизу, в которых размещались специальные трубки с протекающей по ним водой, нагревавшейся за счет солнечной энергии, с современными системами, использующими параболические зеркала, широкополосное дихроичное покрытие для преобразования солнечной энергии и т.д. [32; 34; 35].

По мнению различных авторов в ближайшей перспективе общая тенденция, отражающая рост использования солнечного тепла в энергетике, будет продолжена, в частности, в связи с тем, что средневзвешенная себестоимость производства при использовании соответствующих инновационных технологий продолжает снижаться [33; 35]. При этом отмечается, что при оценках экономического потенциала солнечной технологии следует определять возникающий технологический потенциал производительности на основе данного ресурса и сравнивать стоимость каждой технологии в конкретном регионе [33].

Третий подход, предусматривающий преобразование солнечного света в топливо, а также в химические вещества, способные аккумулировать и отдавать энергию, активно рассматривается во многих публикациях, включая специальные обзоры [11; 36; 37]. Разработана даже особая концепция промышленного производства, предусматрива-



ющая или поэтапную конверсию солнечной энергии сначала в тепловую энергию и электроэнергию с последующей переработкой базового химического сырья ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) в топливо, или непосредственное использование для той же цели энергии фотонов [36; 37]. Для решения различных задач, возникающих на таких путях к получению топлива, предложен целый ряд технологий, основанных на использовании электролитических, фотоэлектрохимических, термохимических и

других процессах. В качестве важного конечного продукта, пригодного к использованию в качестве топлива, рассматривается водород, при реакции которого с кислородом выделяется необходимая энергия и образуется экологически безвредная вода [36-38].

Схематически основные пути к производству топлива с использованием солнечной энергии в рамках рассмотренной концепции показаны на рис. 3. (по [36; 37]).

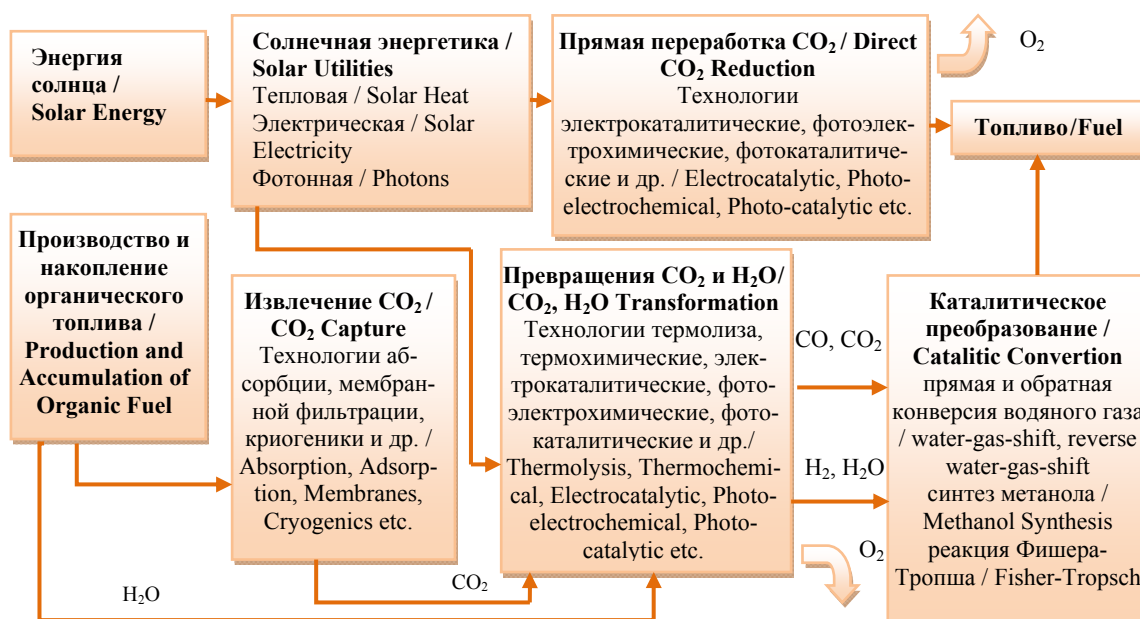


Рис. 3. Основные пути к производству топлива с использованием солнечной энергии в рамках концепции Herron et al. (2015)

Fig. 3. General ways to fuel production using solar energy in Herron et al. conception (2015)

В настоящее время для промышленной реализации солнечной энергии широко используют солнечные электростанции (СЭС), которые способны обеспечивать энергией

предприятия, общественные здания, жилые дома, также иногда создаются и крупные солнечные генераторные системы для обеспечения целых регионов, например, по [12].

#### Общие тенденции и эколого-инновационные аспекты в производстве биотоплива

Производство биотоплива в ряде стран – лидеров осуществляется уже несколько десятилетий и практически сформировалось в особую отрасль промышленности [6; 39; 40]. При этом естественно был накоплен значительный опыт решения целого комплекса как экономических, так и природоохранных вопросов. У многих авторов не вызывает сомнений, что широкое применение биотоплива способно оказать положительное влияние как на состояние окружающей среды за счет переработки промышленных отходов, так и на изменяющийся климат за счет сокращения выбросов парниковых

газов. В частности, особое значение придается замещению углеводородного автомобильного топлива – одного из принципиально важных факторов негативного воздействия на окружающую среду, на практически безвредный биоэтанол [6; 40].

В первом десятилетии XXI века в производстве биотоплива в странах – лидерах сформировались тенденции к переходу на новые технологии, который обусловили несколько принципиально важных групп достижений, непосредственно связанные с инновационной деятельностью. Более того, инновационная деятельность, поддержива-



ющая эти тенденции, активно продолжается и в настоящее время, например см. [39; 40]. Так, в первую очередь надо отметить создание биотехнологий, позволяющие достаточно эффективно преобразовывать в биотопливо углеводы, неприменяемые в пищевой промышленности, но широко распространенных мире растений (целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин и др.) [39; 40].

Как следствие, появились возможности перерабатывать в промышленных масштабах разнообразные отходы (лигноцеллюлозные биомассы) сначала в глюкозу (и другие моносахариды), а затем использовать эти вещества для последующего получения биотопливных продуктов [39; 40].

Между тем развитие биоэнергетики в лесопромышленном комплексе даст увеличение эффективности лесопереработки на 20-22%, повышение рентабельности лесопереработки за счет увеличения полноты переработки древесины, выпуска дополнительно продукта – биотоплива, переработки накапливающихся древесных отходов, рост количества рабочих мест, увеличение налоговых поступлений до 37 млрд. руб., улучшение экологии в центрах промышленной переработки древесины, диверсификацию энергетического рынка страны [41].

В связи с этим, в интересах производства биотоплива на региональном уровне целесообразно осуществление контроля уровня накопления доступного в настоящее время (с учетом имеющихся технологий переработки) сырья, а именно отходов лесной промышленности и прочих производств, а также отходов растениеводства и т.п.

Параллельно, было показано, что некоторые дикорастущие и способные к культивированию в засушливых зонах масличные растения, в частности клещевина (*Ricinus communis*), представители рода рыжик (*Camelina*), сафлор красильный (*Carthamus tinctorius*) и др., могут служить более эффективным сырьем при производстве биотоплива, чем различные традиционные сельскохозяйственные культуры (подсолнечник, соя и др.). Подробно данная проблематика рассматривается в ряде недавних публикаций [7; 42 и др.].

Кроме того, особо следует отметить, что во второй декаде XXI века началось ак-

тивное использование водорослей в качестве сырья для производства разных видов биотоплива [43]. Соответственно, стали создавать специальные биотехнологические комплексы и формировать особые производственные цепочки, что дало основание ряду авторов обозначить данную тенденцию, как переход к третьему поколению биотехнологий в производстве биотоплива [43; 44].

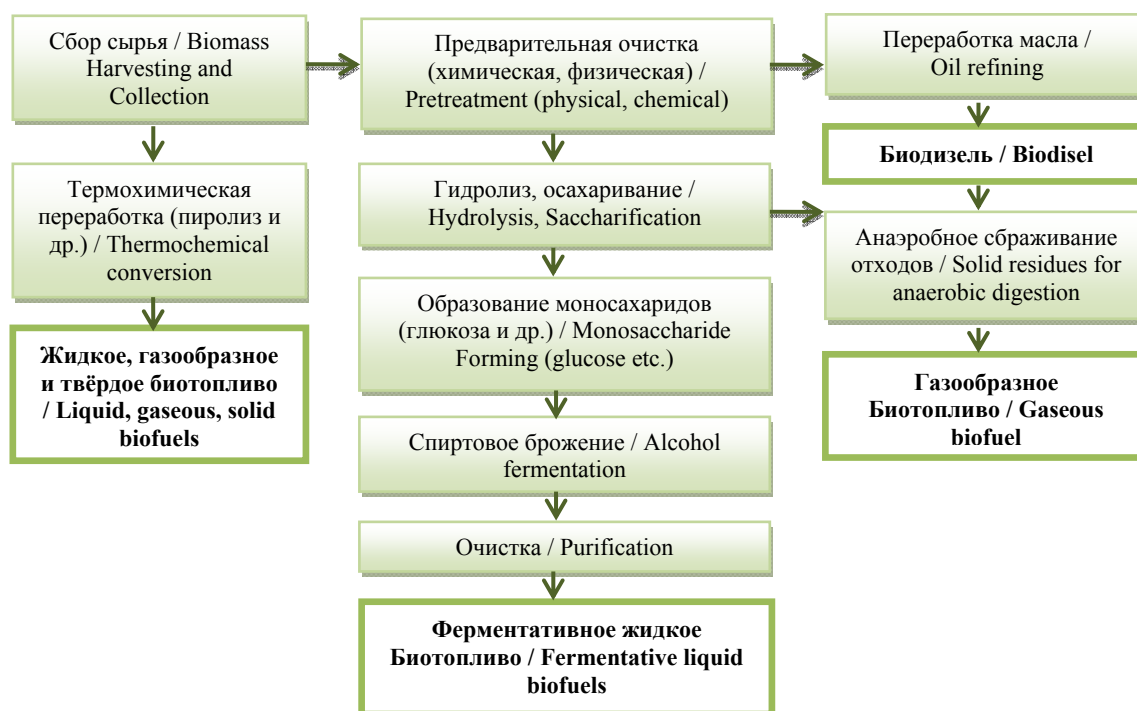
Происходит также оптимизация известных и внедрение новых технологий, которые существенно ускорили производственные процессы, что, в свою очередь, привело к увеличению выхода конечной продукции и снижению её себестоимости [6; 45]. Например, в условиях промышленного производства был обеспечен весьма высокий выход биоэтанола (до 75-84% от теоретически возможного) [45].

Ещё одну важную тенденцию определили инновационные технологические решения, которые позволили использовать ряд побочных продуктов, образующихся при производстве биотоплива, в разных областях хозяйственной деятельности. Таким образом, они дали возможность внести свой вклад в добавленную стоимость, получаемую при производстве отдельных видов биотоплива [46].

К наиболее популярными видами биотоплива обычно относят биоэтанол и биогаз (представленный в основном метаном). Третьим популярным и уже традиционным видом биотоплива является так называемый биодизель, который предназначался для использования автомобильным транспортом [7; 47]. Этот продукт представляет собой смеси моноалкильных эфиров жирных кислот с одноатомными спиртами (метанол, этанол и др.), образующиеся из различных липидов. Кроме этих видов биотоплива технологии второго и третьего поколений позволяют получать и другие продукты, например, биоводород, сингаз (смесь монооксида углерода и водорода), бутанол, биомасла и др. [7; 43].

Обобщенная схема, которая иллюстрирует основные технологические решения, найденные в результате инновационной деятельности и используемые при производстве биотоплива, показана на рис. 4 (по Kreuter et al. [48]).





**Рис. 4. Основные технологические решения, применяемые при производстве биотоплива с использованием наземных растений и микроводорослей в качестве сырья**  
**Fig. 4. Main technological decisions, which are involved in biofuel production from land plants and microalgae**

Сложившуюся к настоящему времени ситуацию в производстве биотоплива могут характеризовать приведенные недавно данные о том, что в 2016 году мировой объем производства биодизеля достиг рекордных показателей: 32,9 млрд. л, и стал на 12,7% выше соответствующего показателя предшествующего года [49]. При этом в стоимостном выражении общий объем выпуска биотоплива в 2016 г. был оценен на уровне 24,8 млрд. долл., что на 11,7% выше соответствующего показателя 2015 г. [49].

Надо отметить также, что постоянное и практически неограниченное накопление сырья (в виде различных антропогенных отходов, а также культивируемых дикорастущих растений и водорослей) гарантирует постоянное функционирование производства биотоплива, а следовательно и устойчивое его использование для

генерирования энергии необходимой потребителям (в отличие от солнечной и ветровой энергетики).

Таким образом, из приведенных материалов следует, что к настоящему времени в ряде стран – лидеров на основе инновационных технологий эффективно используются три вида возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнечная энергия, и биотопливо), которые можно рассматривать как важные элементы в реализации стратегии устойчивого развития. Соответственно, представляется целесообразным рассмотреть некоторые перспективы получения и использования указанных возобновляемых источников энергии в отдельных регионах Юга России, где имеются подходящие климато-географические и экономические условия.

#### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЧЕТЫРЕХ РЕГИОНАХ ЮГА РОССИИ

С учетом существования ряда сходных демографических, климато-географических, экономических и некоторых других характеристик представлялось целесообразным проведение анализа состояния и перспектив

развития возобновляемой энергетики в четырех регионах Юга России: Астраханской области, Республике Крым и Ростовской области (Южный федеральный округ), а также в Ставропольском крае (Северо-Кавказский



федеральный округ). Актуальные для проведения исследования перспектив развития возобновляемой энергетики указанных реги-

онов характеристики представлены в табл. 1 [50].

Таблица 1

Характеристики социально-экономических условий, важных для анализа перспектив развития возобновляемой энергетики в четырех регионах Юга России

Table 1

Characteristics of some social and economic conditions, which are important for renewable energy development in four South Russian regions

| Регион / Region  | Астраханская область<br>Astrakhan Region | Республика Крым<br>Republic of Crimea | Ростовская область<br>Rostov Region | Ставропольский край<br>Stavropol Territory |
|--|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Характеристика / Characteristics   |  |                                       |                                     |  |
| Площадь, тыс. км <sup>2</sup> / Square, thousands km <sup>2</sup>  | 49,0                                     | 26,1                                  | 101,0                               | 66,2                                       |
| Среднегодовая численность населения, тыс. чел., 2015 г. / Mid-year population, thousands people, 2015  | 1020,0                                   | 1901,5                                | 4239,0                              | 2800,6                                     |
| Удельный вес объема добычи полезных ископаемых в общем объеме добычи Российской Федерации, %, 2015 г. / Share in total mining volume, %, 2015  | 1,12                                     | 0,07                                  | 0,20                                | 0,08                                       |
| Индекс промышленного производства 2015 г. по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых» по сравнению с 2014 г., % / Industrial production index 2015 in activity category "Mining operations" in comparison with 2014, % | 117,3                                    | 115,4                                 | 87,7                                | 91,5                                       |
| Произведено электроэнергии, млн. кВт час., 2015 г. / Electricity produced, million kWh, 2015   | 4392,6                                   | 1496,3                                | 32127,9                             | 18892,1                                    |
| Потреблено электроэнергии, млн. кВт час., 2015 г. / Electricity consumed, million kWh, 2015  | 4494,1                                   | 5514,2                                | 18149,7                             | 9956,4                                     |
| Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. тонн, 2015 г. / Pollutants emissions outgoing from stationary source, thousand tonnes, 2015                                    | 119,0                                    | 23,0                                  | 165,0                               | 85,0                                       |
| Сальдированный финансовый результат организаций, производящих продукцию растениеводства, млн. руб., 2015 г. / Balanced financial result of crop producing enterprises, million rubles, 2015                                  | 18                                       | 629                                   | 6239                                | 16468                                      |
| Внутренние затраты на исследования и разработки, млн. руб., 2015 г. / Transfer cost on research and development, 2015  | 563,1                                    | 1235,9                                | 13682,2                             | 1471,6                                     |

В отраслевой структуре валовой добавленной стоимости (в текущих основных

ценах; в процентах к итогу) производство и распределение электроэнергии, газа и воды



составило в 2014 г. в Астраханской области – 3,2%, в Ростовской области – 4,9%, Ставропольском крае – 5,3%, Республике Крым – 6,5% при совокупном показателе в Российской Федерации – 3,8% [50].

При этом в первую очередь следует обратить внимание на то, что в каждом из указанных регионов проживает от миллиона до нескольких миллионов человек (табл. 1) и данная характеристика естественно связана с соответствующим энергопотреблением. Иными словами, практически все жители рассматриваемых регионов (составляющие таким образом важный рынок потребителей) для решения бытовых проблем нуждаются в различных видах энергии, в частности, тепловой и электроэнергии.

Во-вторых, наличие степей, полупустынь и пустынь, а также теплый климат с большим числом солнечных дней (например, [см. 12; 51-55; 58] и др.) позволяют рассматривать территории данных регионов как удобные полигоны для развития ветровой и солнечной энергетики.

В-третьих, существование засушливых и малопригодных для традиционного земледелия районов, очевидно, создает предпосылки для их использования в целях выращивания некоторых дикорастущих и способных к культивированию масличных растений (клешевина, представители рода рыжик, сафлор красильный и др.), которые могут служить эффективным сырьем при производстве биотоплива (например, см. обзор [7]).

В-четвертых, активно работающие промышленные предприятия и функционирование развитых агропромышленных комплексов, естественно, сопровождается накоплением различных промышленных отходов, утилизация которых (и соответственно, улучшение экологической обстановки) путем переработки в биотопливо обычно считается важной составляющей в современной стратегии устойчивого развития регионов.

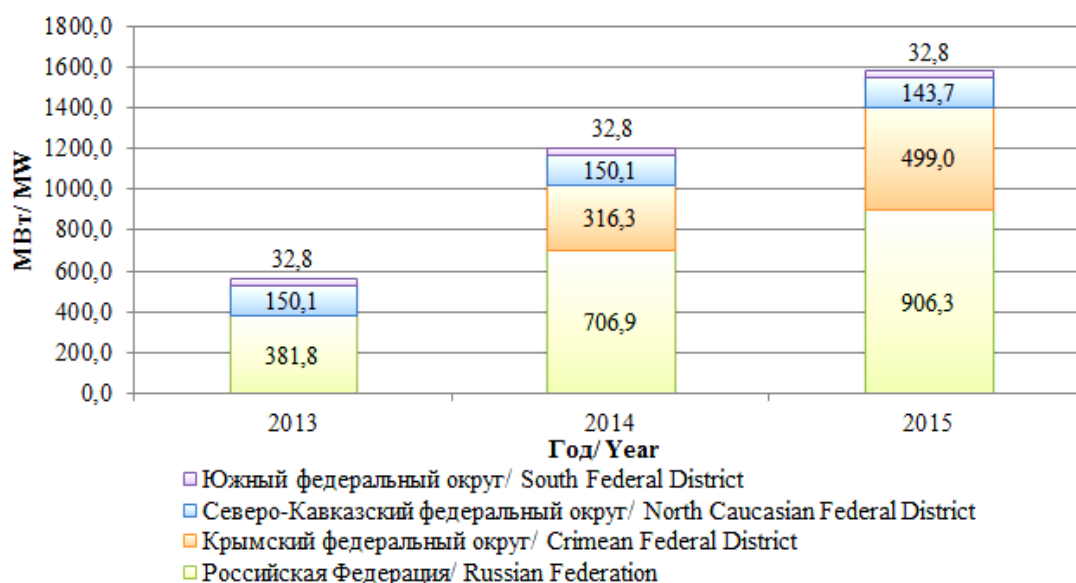
Наконец, каждый из рассматриваемых регионов имеет значительные количества ископаемых источников традиционного углеводородного сырья и использует это сырье. Добыча указанного сырья, его переработка и использование для получения энергии, составляют важные сектора в экономике регионов, что необходимо учитывать при анализе перспектив развития возобновляе-

мой энергетики. При этом, два из них (Ростовская область и Ставропольский край), считаются энергоизбыточными (табл. 1), поскольку они в настоящее время поставляют углеводородное сырье и/или электроэнергию в соседние регионы.

Данные о мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (без учета гидроэлектростанций установленной мощности свыше 25 МВт) представлены на рис. 5 [50]. Данные представлены по состоянию на 2015 г., до включения Крымского федерального округа в состав Южного федерального округа, которое состоялось в середине 2016 г.

Среди рассматриваемых регионов Ростовская область характеризуется наибольшими демографическими показателями и занимает ведущие места в различных сферах экономики Юга России. В частности, из материалов «Программы перспективного развития электроэнергетики Ростовской области на 2015 – 2019 годы» следует, что по установленной мощности электростанций (работающих на традиционных источниках энергии) эта область занимает первое место среди других регионов Юга России, а по величине потребления электроэнергии – третье место после энергосистем Краснодарского края и Волгоградской области (по [51]). Тем не менее, среди строящихся генерирующих станций предусматривается создание новой ветровой электростанции «Беглиця» (с 51 ветровым агрегатом и мощностью 16,5 МВт). Более того в утвержденной постановлением Законодательного собрания Ростовской области «Стратегии социально-экономического развития Ростовской области до 2020 года» в числе приоритетов развития электроэнергетики Ростовской области отмечено развитие малой энергетики и возобновляемых источников энергии (по [51]).

Одним из экспериментальных объектов солнечной энергетики уже стала солнечная электростанция суммарной мощности 7,2 кВт, которая была установлена в г. Новочеркасск (Ростовская область) в 2014 г. [55]. Данная станция состояла из нескольких фотоэлектрических модулей, аккумуляторных батарей, специальных инвертеров и другого электротехнического оборудования, что позволяло выводить выработанную электроэнергию во внутреннюю трехфазную сеть.



**Рис. 5. Мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (без учета гидроэлектростанций установленной мощностью свыше 25 МВт), (МВт)**

**Fig. 5. Generation objects power functioning on renewable energy using (excluding hydroelectric power stations – rated capacity over 25 MW), MW**

Более того, в Ростовской области несколько лет активно осуществлялась областная целевая программа производства и использования биотоплива на основе растительных масел в агропромышленном комплексе 2008-2015 гг. Таким образом, очевидно, что в данном регионе и на правительственном уровне, и на уровне отдельных участников экономической деятельности предпринимаются различные действия для развития возобновляемой энергетики.

В Ставропольском крае, который из рассматриваемых регионов находится вторым месте по численности населения, ряд лет уже реализовались и продолжают выполняться краевые целевые программы с названиями, включающие слова «..развитие возобновляемых источников энергии в Ставропольском крае ...». Последняя из программ содержит указания на перспективы до 2020 года (по [52]). В задачи этой программы входит создание источников тепло- и электроснабжения на основе использования возобновляемых источников энергии. При этом еще в 2012 г. рассматривался вопрос о переводе котельных в некоторых сельских поселениях с мазута на биотопливо из отходов лесоперерабатывающих предприятий, что, по мнению главы администрации Сланцевского района В. Кузьмина, может дать экономии на топливе за год до 4 миллионов

рублей. [56]. В газете «Ставропольский бизнес» появлялось несколько сообщений о практическом применении солнечной энергетики (по [53]). Так, сообщалось, что в Минеральных Водах в здании городской поликлиники функционирует круглогодичная система солнечного теплоснабжения и геотермального тепло/хладоснабжения. В этом учреждении установлены 14 фотоэлектрических модулей для автономного электроснабжения, а для обеспечения системы горячего водоснабжения используются 42 солнечных коллектора общей мощностью 63 кВт. Кроме того, отмечалось, что на базе СХП Агропромышленный комплекс «Старомарьевский» наряду с использованием солнечных коллекторов суммарной мощностью 31,5 кВт, способных нагреть около 3 куб. м воды в сутки, было введено в эксплуатацию 16 автономных опор освещения прилегающей территории комплекса с фотоэлектрическими установками.

Иными словами в Ставропольском крае, как и в Ростовской области, нарабатан некоторый опыт и созданы определенные условия для развития возобновляемой энергетики, ориентированной на энергообеспечение отдельных предприятий, общественные здания и жилых домов.

Республика Крым, которая вошла в 2014 г. в состав РФ, несмотря на существующие



ющие месторождения углеводородного сырья (нефть и газ), традиционно испытывает потребности во внешних поставках энергоресурсов, особенно электроэнергии [57]. Как следствие, за последние годы в этом регионе возникали острые проблемы с энергообеспечением, однако, как известно, их причины не были обусловлены экономическими факторами. К настоящему времени благодаря усилиям федеральных, региональных и местных властей ситуация с электроснабжением республики Крым нормализуется, тем не менее проблемы с энергообеспечением в этом регионе сохраняют свою актуальность, что находит отражение в ряде нормативных документов, принятых Правительством Республики Крым (по [57]). Так, одна из целей, приводимых в документе, разработанном Министерством топлива и энергетики Республики Крым [58], содержит следующую формулировку: «...обеспечение потребности региона в углеводородах за счет собственной добычи и внешних поставок, а также использования потенциала возобновляемых источников энергии на полуострове». При этом предполагается, что для развития альтернативной энергетики будут активно привлекаться средства инвесторов.

В настоящее время в республике Крым уже участвуют в производстве электроэнергии ряд СЭС и самая крупная из них СЭС «Перово» способна работать с мощностью 105 МВт. [12]. В заключение надо отметить, что даже когда Республика Крым находилась в составе Украины, осуществлялось получение и использование энергии из возобновляемых источников, в частности за пять лет (с 2010 по 2014 гг.) солнечными и ветряными станциями в этом регионе было произведено свыше 800 млн. кВтч электроэнергии (по [57]). А.Ю. Санин, например, предлагает, решение существующих энергетических проблем полуострова через создание экспериментального полигона по развитию альтернативных источников энергии общероссийского значения ввиду экономико-географического положения Крыма.[59]

В Астраханской области добычу и поставки углеводородного сырья в соседние

регионы относят к ведущим секторам экономики, однако сама область считается дефицитной по энергообеспеченности, что отмечается в принятом документе «Стратегия социально-экономического развития Астраханской области до 2020 года (с изменениями на: 15.05.2014)» [54]. Более того, в этом документе прогнозируется нарастание дефицита электроэнергии в перспективе при сохранении существующих трендов роста экономики. Как следствие, в число стратегических приоритетов развития Астраханской области среди прочих включен следующий пункт: «Завоевание лидирующих позиций в развитии возобновляемых источников энергии и внедрение в промышленных масштабах экологически чистых технологий производства энергии» [54].

В 2016 г. на официальном сайте исполнительных органов государственной власти Астраханской области [60] появилось сообщение об определенных шагах к практической реализации планов по использованию возобновляемых источников энергии, связанных с началом строительства СЭС «Заводская» в поселке Володарский. При общей установленной мощности в 15 МВт. эта СЭС, как планируется, сможет вырабатывать в год до 21 млн кВтч, что эквивалентно годовому потреблению 20 тысяч жителей области. Далее в регионе будут построены ещё шесть подобных СЭС, и очевидно, что они смогут вносить существенный вклад в обеспеченность жителей экологически чистой электроэнергией.

Кроме того, по существующим оценкам в Астраханской области средние скорости ветра имеют тенденцию к росту с юга на север области и изменяются в границах от 3 до 4 м/с, что считается достаточным для реализации экономически действенных проектов по созданию автономных ветроэлектростанций мощностью от 4 кВт [61].

Таким образом, можно ожидать, что в ближайшей перспективе и в Республике Крым, и в Астраханской области использование возобновляемых источников энергии займет существенный сектор в энергообеспечении.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Собранные данные свидетельствуют о том, что во многих странах мира за

последние 10 лет сложилась ярко выраженная тенденция к росту производства





и использования возобновляемых источников энергии, которую отражают постоянно возрастающие объемы инвестиций в соответствующие области экономики (например, по [1]). При этом активно проводившаяся инновационная деятельность позволила обеспечить достаточно эффективное производство солнечной и ветровой энергии, а также биотоплива до уровней значимых экономических факторов, способных сыграть определенные роли при реализации стратегии устойчивого развития (по [11; 13; 14]). В настоящее время существует ряд биотехнологических решений, обеспечившие появление производства биотоплива второго и третьего поколений, выступающего не только как важные возобновляемые источники энергии, но способствующие снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Из приведенных материалов можно сделать заключение о том, что в нашей стране имеется ряд объективных условий и предпосылок для создания

специализированных предприятий, способных использовать энергию ветра, солнца и биотоплива в качестве возобновляемых источников энергии. Одним из важных следствий данной деятельности очевидно станет переработка накапливающихся органических отходов в биотопливо, использование которого позволит уменьшить выбросы парниковых газов и будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионах. Так, показано, что в четырех крупных регионах Юга России в рамках государственных и областных программ, а также в порядке частных инициатив началась экономическая деятельность по развитию возобновляемой энергетики, хотя при этом существуют и значительные нереализованные возможности (например, практически не нашли применения технологии второго и третьего поколений, предназначенные для производства биотоплива). Соответственно, можно считать, что в нашей стране у возобновляемой энергетики, как важного элемента в стратегии устойчивого развития, впереди большое будущее.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (International Renewable Energy Agency (IRENA)). URL: <http://resourceirena.irena.org/> (дата обращения: 10.04.2017)
2. Kalluri U.C., Keller M. Bioenergy research: a new paradigm in multidisciplinary research // *Journal of The Royal Society Interface*. 2010. N7. P. 1391–1401. DOI: 10.1098/rsif.2009.0564
3. Сайдиева Э.А., Абдурахманова А.Г. Экономические проблемы и механизм экологически устойчивого развития горных территорий // *Юг России: экология, развитие*. 2013. Т. 8, N2. С. 22–25. DOI: 10.18470/1992-1098-2013-2-22-25
4. Golberg A., Sack M., Teissie J., Pataro G., Pliquet U., Saulis G., Stefan T., Miklavcic D., Vorobiev E., Frey W. Energy-efficient biomass processing with pulsed electric fields for bioeconomy and sustainable development // *Biotechnology for Biofuels*. 2016. N9. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4848877/pdf/13068\\_2016\\_Article\\_508.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4848877/pdf/13068_2016_Article_508.pdf) (дата обращения: 15.03.2017) DOI: 10.1186/s13068-016-0508-z
5. de Jong S., Antonissen K., Hoefnagels R., Lonza L., Wang M., Faaij A., Junginger M. Life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from renewable jet fuel production // *Biotechnology for Biofuels*. 2017. N10. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348797/pdf/13068\\_2017\\_Article\\_739.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348797/pdf/13068_2017_Article_739.pdf) (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1186/s13068-017-0739-7
6. Lopes M.L., Paulillo S.C., Godoy A., Cherubin R.A., Lorenzi M.S., Giometti F.H., Bernardino C.D., Amorim Neto H.B., Amorim H.V. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2016. N47 (Suppl. 1). P. 64–76. DOI: 10.1016/j.bjm.2016.10.003
7. Титова Е., Бондарчук Н., Романова Е. Экономические аспекты культивирования некоторых растений, используемых в качестве сырья при производстве биотоплива // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2017. N1. С. 54–61.
8. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации N 1047н от 21.12.2015 г. «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по организации производства в сфере биоэнергетики и биотоплива». Официальный интернет-портал правовой информации Российской Федерации. URL: <http://pravo.gov.ru/> (дата обращения: 10.04.2017)
9. Асадулаев З.М., Мусаев А.М. Распад традиционной аграрной цивилизации в горном Дагестане и возможные пути выхода из кризиса // *Юг России: экология, развитие*. 2015. Т.10, N3. С. 136–144. DOI:10.18470/1992-1098-2015-3-136-144
10. Parlevliet D., Moheimani N.R. Efficient conversion of solar energy to biomass and electricity // *Aquatic Biosystems*. 2014. N10. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4062565/pdf/2046-9063-10-4.pdf> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1186/2046-9063-10-4
11. Montoya J.H., Seitz L.C., Chakthranont P., Vojvodic A., Jaramillo T.F., Nørskov J.K. Materials for solar fuels



- and chemicals // *Nature Materials*. 2017. N16. P. 70–81. DOI: 10.1038/nmat4778
12. Огороднов С. Информационно-аналитический портал «Нефть России». «Зелёная» генерация в России: Что мешает нашей звезде стать источником электричества и тепла. URL: <http://www.oilru.com/news/490661> (дата обращения: 10.04.2017)
13. Duan H. Emissions and temperature benefits // *Environmental Research*. 2016. N152. P. 342–350. DOI: 10.1016/j.envres.2016.07.016
14. Barbosa L.S., Bogdanov D., Vainikka P., Breyer C. Hydro, wind and solar power as a base for a 100% renewable energy supply for South and Central America // *PLoS One*. 2017. N12(3). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5362076/pdf/pone.0173820.pdf> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1371/journal.pone.0173820
15. Chandel A.K., Singh O.V. Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel' // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011. Vol. 89. Iss. 5. P. 1289–1303. DOI: 10.1007/s00253-010-3057-6
16. Parthasarathi R., Sun J., Dutta T., Sun N., Pattathil S., Murthy Konda N.V., Peralta A.G., Simmons B.A., Singh S. Activation of lignocellulosic biomass for higher sugar yields using aqueous ionic liquid at low severity process conditions // *Biotechnology for Biofuels*. 2016. N9. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4969646/pdf/13068\\_2016\\_Article\\_561.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4969646/pdf/13068_2016_Article_561.pdf) (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1186/s13068-016-0561-7
17. Valdivia M., Galan J.L., Laffarga J., Ramos J.L. Biofuels 2020: Biorefineries based on lignocellulosic materials // *Microbial Biotechnology*. 2016. Vol. 9. Iss. 5. P. 585–594. DOI: 10.1111/1751-7915.12387
18. Алхасов Б.А., Рабаданов Г.А. Комплексная переработка тростника // *Материалы VI школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпиляйна, Махачкала, 23-26 сентября, 2013*. С. 360–363.
19. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 15.03.2017).
20. Cheah W.Y., Ling T.C., Juan J.C., Lee D.J., Chang J.S., Show P.L. Biorefineries of carbon dioxide: From carbon capture and storage (CCS) to bioenergies production // *Bioresource Technology*. 2016. N215. P. 346–356. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.04.019
21. Jeffery R.D., Krogh C.M., Horner B. Industrial wind turbines and adverse health effects // *Canadian journal of rural medicine*. 2014. V. 19, iss. 1. P. 21–26.
22. Xu C., Chen Y., Shi S., Li J., Kang F., Su D. Secondary batteries with multivalent ions for energy storage // *Scientific Reports*. 2015. N5. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4568479/pdf/srep14120.pdf> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1038/srep14120
23. Munters W., Meyers J. An optimal control framework for dynamic induction control of wind farms and their interaction with the atmospheric boundary layer // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences*. 2017. N13. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5346219/pdf/rsta20160100.pdf> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1098/rsta.2016.0100
24. Wang S., Wang X., Wang Z.L., Yang Y. Efficient Scavenging of Solar and Wind Energies in a Smart City // *ACS Nano*. 2016. V. 10, iss. 6. P. 5696–5700.
25. Wakerley D.W., Kuehnle M.F., Orchard K.L., Ly Kh.H., Rosser T.E., Reisner E. Solar-driven reforming of lignocellulose to H<sub>2</sub> with a CdS/CdOx photocatalyst // *Nature Energy*. 2017. N2. URL: <https://www.nature.com/articles/nenergy201721> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1038/nenergy.2017.21
26. Moncada J., Cardona C.A., Rincon L.E. Design and analysis of a second and third generation biorefinery: The case of castorbean and microalgae // *Bioresource Technology*. 2015. Iss. 198. P. 836–843. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.09.077
27. O'Regan B.C., Durrant J.R. Kinetic and energetic paradigms for dye-sensitized solar cells: moving from the ideal to the real // *Accounts of Chemical Research*. 2009. V. 42, iss. 11. P. 1799–1808. DOI: 10.1021/ar900145z
28. Durrant J.R. Molecular approaches to solar energy conversion: the energetic cost of charge separation from molecular-excited states // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences*. 2013. Iss. 371. URL: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/371/1996/20120195.full.pdf> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1098/rsta.2012.0195
29. AlSalhi M.S., Alam J., Dass L.A., Raja M. Recent advances in conjugated polymers for light emitting devices // *International Journal of Molecular Sciences*. 2011. V. 12, iss. 3. P. 2036–2054. DOI: 10.3390/ijms12032036
30. Pospischil A., Furchi M.M., Mueller T. Solar-energy conversion and light emission in an atomic monolayer p-n diode // *Nature Nanotechnology*. 2014. V. 9, iss. 4. P. 257–261. DOI: 10.1038/nnano.2014.14
31. Goettl W.H. Solar heat collector and radiator for building roof. URL: <https://www.google.com/patents/US4098260> (дата обращения: 15.03.2017)
32. Vidal A., Diaz A.I. High-performance, low-cost solar collectors for disinfection of contaminated water // *Water Environment Research*. 2000. V. 72, iss. 3. P. 271–276.
33. Norwood Z., Nyholm E., Otanicar T., Johnsson F. A geospatial comparison of distributed solar heat and power in Europe and the US // *PLoS One*. 2014. V. 9, iss. 12. URL: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0112442&type=printable> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1371/journal.pone.0112442



34. Jiachen W., Lee S.B., Lee K. Design of broadband multilayer dichroic coating for a high-efficiency solar energy harvesting system // *Applied Optics*. 2015. V. 54, iss. 15. P. 4805–4811. DOI: 10.1364/AO.54.004805
35. Taylor R.A., Hewakuruppu Y., DeJarnette D., Otanicar T.P. Comparison of selective transmitters for solar thermal applications // *Applied Optics*. 2016. V. 55, iss. 14. P. 3829–3839. DOI: 10.1364/AO.55.003829
36. Herron J.A., Kim J., Upadhye A.A., Huber G.W., Maravelias C.T. A general framework for the assessment of solar fuel technologies // *Energy & Environmental Science*. 2015. Iss.8. P. 126–157. DOI: 10.1039/C4EE01958J
37. Tuller H.L. Solar to fuels conversion technologies: a perspective // *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. 2017. Iss. 6. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40243-017-0088-2> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1007/s40243-017-0088-2
38. Armaroli N., Balzani V. Solar Electricity and Solar Fuels: Status and Perspectives in the Context of the Energy Transition // *Chemistry*. 2016. V. 22, iss. 1. P. 32–57. DOI: 10.1002/chem.201503580
39. Clark J.H., Luque R., Matharu A.S. Green Chemistry, Biofuels, and Biorefinery // *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*. 2012. Iss. 3. P. 183–207. DOI: 10.1146/annurev-chembioeng-062011-081014
40. Aditiya H.B., Chong W.T., Mahlia T.M., Sebayang A.H., Berawi M.A., Nur H. Second generation bioethanol potential from selected Malaysia's biodiversity biomasses: A review // *Waste Management*. 2016. N47. P. 46–61. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.07.031
41. Васильев С. Биоэнергетика: трудности роста // *Тепловая энергетика*. 2017. N02(29). URL: <http://www.eprussia.ru/teploenergetika/> (дата обращения: 10.04.2017)
42. Ruiz Olivares A., Carrillo-Gonzalez R., Gonzalez-Chavez Mdel Carmen A., Soto Hernandez R.M. Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production // *Journal of Environmental Management*. 2013. Iss. 114. P. 316–323. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.10.023
43. Behera S., Singh R., Arora R., Sharma N.K., Shukla M., Kumar S. Scope of Algae as Third Generation Biofuels // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2015. V. 2. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fbioe.2014.00090/full> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.3389/fbioe.2014.00090
44. Mahdy A., Fotidis I.A., Mancini E., Ballesteros M., González-Fernández C., Angelidaki I. Ammonia tolerant inocula provide a good base for anaerobic digestion of microalgae in third generation biogas process // *Biore-source Technology*. 2017. Iss. 225. P. 272–278. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.11.086
45. Kang Q., Appels L., Tan T., Dewil R. Bioethanol from Lignocellulosic Biomass: Current Findings Determine Research Priorities // *The Scientific World Journal*. 2014. Iss. 2014. URL: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/298153/> (дата обращения: 10.04.2017) DOI: 10.1155/2014/298153
46. Chen Z., Liu D. Toward glycerol biorefinery: metabolic engineering for the production of biofuels and chemicals from glycerol // *Biotechnology for Biofuels*. 2016. N 9. URL: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-016-0625-8> (дата обращения: 10.04.2017)
47. Варфоломеев С.Д., Ефременко Е.Н., Крылова Л.П. Биотоплива // *Успехи химии*. 2010, Т. 79, № 6. С. 544–564.
48. Kreuter U.P., Iwaasa A.D., Theodori G.L., Ansley R.J., Jackson R.B., Fraser L.H., Naeth M.A., McGillivray S., Moya E.G. State of knowledge about energy development impacts on North American rangelands: An integrative approach // *The Journal of Environmental Management*. 2016. Iss. 180. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.05.007
49. Официальный сайт Исследовательской компании «Abercade». URL: <http://www.abercade.ru/research/industrynews/16270.html> (дата обращения: 15.03.2017)
50. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 15.03.2017)
51. Официальный сайт Правительства Ростовской области. URL: <http://www.donland.ru> (дата обращения: 15.03.2017)
52. Портал по энергосбережению «Энергосовет». URL: <http://www.energosoвет.ru/npb1241.html> (дата обращения: 15.03.2017)
53. Информационный портал «Сделано у нас». Альтернативная энергетика в Ставропольском крае. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/33215/> (дата обращения: 15.03.2017)
54. Постановление Правительства Астраханской области N54-П от 24.02.2010 г. «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Астраханской области до 2020 года». URL: <http://docs.cntd.ru/document/424066211> (дата обращения: 15.03.2017)
55. Официальный сайт Научно-производственного предприятия «Донские технологии». URL: <http://don-tech.ru/tekushhie-nir-i-okr/solnechnaya-energetika.html> (дата обращения: 15.03.2017)
56. Официальный сайт Российского энергетического агентства Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <http://rosenergo.gov.ru/> (дата обращения: 15.03.2017)
57. Официальный сайт Правительства республики Крым. URL: <http://rk.gov.ru/> (дата обращения: 15.03.2017)
58. Официальный сайт Министерства топлива и энергетики Республики Крым. URL: <http://mtop.rk.gov.ru/> (дата обращения: 15.03.2017)
59. Санин А.Ю. Энергетический комплекс в Крыму в переходный период // *Материалы IV международной конференции «Возобновляемая энергетика: про-*



блемы и перспективы» и VIII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпилеррайна, Махачкала, 21-24 сентября, 2015. Т. 1. С. 198–201.

60. Портал исполнительных органов государственной власти Астраханской области. URL: <https://www.astrobl.ru/> (дата обращения: 15.03.2017)

61. Информационный портал «BANKSOLAR». URL: <http://banksolar.ru/?p=1845> (дата обращения: 15.03.2017)

## REFERENCES

1. *Mezhdunarodnoe agentstvo po vozobnovlyayemyim istochnikam energii* [International Renewable Energy Agency (IRENA)]. Available at: <http://resourceirena.irena.org/> (accessed: 10.04.2017)
2. Kalluri U.C., Keller M. Bioenergy research: a new paradigm in multidisciplinary research. *Journal of the Royal Society Interface*. 2010, no. 7, pp. 1391–1401. DOI: 10.1098/rsif.2009.0564
3. Saydieva E.A., Abdurakhmanova A.G. Economic problems and a mechanism for the environmentally sustainable development of Mountain Areas. *South of Russia: ecology, development*. 2013, vol. 8, no. 2, pp. 22–25. (In Russian) DOI:10.18470/1992-1098-2013-2-22-25
4. Golberg A., Sack M., Teissie J., Pataro G., Pliquet U., Saulis G., Stefan T., Miklavcic D., Vorobiev E., Frey W. Energy-efficient biomass processing with pulsed electric fields for bioeconomy and sustainable development. *Biotechnology for Biofuels*. 2016, no. 9. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4848877/pdf/13068\\_2016\\_Article\\_508.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4848877/pdf/13068_2016_Article_508.pdf) (accessed: 15.03.2017) DOI: 10.1186/s13068-016-0508-z
5. de Jong S., Antonissen K., Hoefnagels R., Lonza L., Wang M., Faaij A., Junginger M. Life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from renewable jet fuel production. *Biotechnology for Biofuels*. 2017, no. 10. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348797/pdf/13068\\_2017\\_Article\\_739.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348797/pdf/13068_2017_Article_739.pdf) (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1186/s13068-017-0739-7
6. Lopes M.L., Paulillo S.C., Godoy A., Cherubin R.A., Lorenzi M.S., Giometti F.H., Bernardino C.D., Amorim Neto H.B., Amorim H.V. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2016, no. 47 (Suppl. 1), pp. 64–76. DOI: 10.1016/j.bjm.2016.10.003
7. Titova E., Bondarchuk N., Romanova E. Economic aspects of plants cultivation used as raw materials for biofuel production. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal]. 2017, no. 1, pp. 54–61. (In Russian)
8. *Prikaz Ministerstva truda i sotsialnoy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 21.12.2015 № 1047n "Ob utverzhdenii professionalnogo standarta "Spetsialist po organizatsii proizvodstva v sfere bioenergetiki i biotopliva"* [An order of Labour and Social Protection Ministry «Professional standard «Bioenergy and biofuel production expert approval» 21.12.2015 no. 1047n»]. Available at: <http://pravo.gov.ru/> (accessed: 15.03.2017)
9. Asadulayev Z.M., Musayev A.M. Collapse of the traditional agricultural civilization in the mountainous Dagestan and possible ways to overcome the crisis. *South of Russia: ecology, development*. 2015, vol. 10, no. 3, pp. 136–144. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2015-3-136-144
10. Parlevliet D., Moheimani N.R. Efficient conversion of solar energy to biomass and electricity. *Aquatic Biosystems*. 2014, no. 10. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4062565/pdf/2046-9063-10-4.pdf> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1186/2046-9063-10-4
11. Montoya J.H., Seitz L.C., Chakthranont P., Vojvodic A., Jaramillo T.F., Norskov J.K. Materials for solar fuels and chemicals. *Nature Materials*. 2017, no. 16, pp. 70–81. DOI: 10.1038/nmat4778
12. Ogorodnov S. *Informatsionno-analiticheskiy portal "Neft Rossii". "Zelenaya" generatsiya v Rossii: Chto meshayet nashey zvezde stat istochnikom elektrichestva i tepla* ["Green" generation in Russia: What prevents our star to become a source of electricity and heat?]. (In Russian) Available at: <http://www.oilru.com/news/490661> (accessed: 10.04.2017)
13. Duan H. Emissions and temperature benefits. *Environmental Research*. 2016, no.152, pp. 342–350. DOI: 10.1016/j.envres.2016.07.016
14. Barbosa L.S., Bogdanov D., Vainikka P., Breyer C. Hydro, wind and solar power as a base for a 100% renewable energy supply for South and Central America. *PLoS One*. 2017, no. 12(3). Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5362076/pdf/pone.0173820.pdf> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1371/journal.pone.0173820
15. Chandel A.K., Singh O.V. Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel'. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011, vol. 89, iss. 5, pp. 1289–1303. DOI: 10.1007/s00253-010-3057-6
16. Parthasarathi R., Sun J., Dutta T., Sun N., Pattathil S., Murthy Konda N.V., Peralta A.G., Simmons B.A., Singh S. Activation of lignocellulosic biomass for higher sugar yields using aqueous ionic liquid at low severity process conditions. *Biotechnology for Biofuels*. 2016, no. 9. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4969646/pdf/13068\\_2016\\_Article\\_561.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4969646/pdf/13068_2016_Article_561.pdf) (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1186/s13068-016-0561-7
17. Valdivia M., Galan J.L., Laffarga J., Ramos J.L. Biofuels 2020: Biorefineries based on lignocellulosic materials. *Microbial Biotechnology*. 2016, vol. 9, iss. 5, pp. 585–594. DOI: 10.1111/1751-7915.12387
18. Alkhasov B.A., Rabadanov G.A. *Kompleksnaya pererabotka trostnika* [Complex processing of reed].





- Materialy VI shkoly molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyaemykh energoresursov» imeni E.E. Shpil'rainy, Makhachkala, 23-26 sentyabrya, 2013* [Materials VI school of young scientists «Current problems of development of renewable energy resources» of a name of E.E. Shpil'rainy, Makhachkala, 23-26 September 2013], Makhachkala, 2013, pp. 360–363. (in Russian)
19. *Ofitsialnyy sayt Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii* [Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Russian Federation official site]. Available at: <http://www.mnr.gov.ru/> (accessed: 15.03.2017).
20. Cheah W.Y., Ling T.C., Juan J.C., Lee D.J., Chang J.S., Show P.L. Biorefineries of carbon dioxide: From carbon capture and storage (CCS) to bioenergies production. *Bioresource Technology*. 2016, no. 215, pp. 346–356. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.04.019
21. Jeffery R.D., Krogh C.M., Horner B. Industrial wind turbines and adverse health effects. *Canadian journal of rural medicine*. 2014, vol. 19, iss. 1, pp. 21–26.
22. Xu C., Chen Y., Shi S., Li J., Kang F., Su D. Secondary batteries with multivalent ions for energy storage. *Scientific Reports*. 2015, no. 5. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4568479/pdf/srep14120.pdf> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1038/srep14120
23. Munters W., Meyers J. An optimal control framework for dynamic induction control of wind farms and their interaction with the atmospheric boundary layer. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical. Physical & Engineering Sciences*. 2017, no. 13. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5346219/pdf/rsta20160100.pdf> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1098/rsta.2016.0100
24. Wang S., Wang X., Wang Z.L., Yang Y. Efficient Scavenging of Solar and Wind Energies in a Smart City. *ACS Nano*. 2016, vol. 10, iss. 6, pp. 5696–5700.
25. Wakerley D.W., Kuehnle M.F., Orchard K.L., Ly Kh.H., Rosser T.E., Reisner E. Solar-driven reforming of lignocellulose to H<sub>2</sub> with a CdS/CdOx photocatalyst. *Nature Energy*. 2017, no. 2. Available at: <https://www.nature.com/articles/nenergy201721> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1038/nenergy.2017.21
26. Moncada J., Cardona C.A., Rincon L.E. Design and analysis of a second and third generation biorefinery: The case of castorbean and microalgae. *Bioresource Technology*. 2015, iss. 198, pp. 836–843. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.09.077
27. O'Regan B.C., Durrant J.R. Kinetic and energetic paradigms for dye-sensitized solar cells: moving from the ideal to the real. *Accounts of Chemical Research*. 2009, vol. 42, iss. 11, pp. 1799–1808. DOI: 10.1021/ar900145z
28. Durrant J.R. Molecular approaches to solar energy conversion: the energetic cost of charge separation from molecular-excited states. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical. Physical & Engineering Sciences*. 2013, iss. 371. Available at: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/371/1996/20120195.full.pdf> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1098/rsta.2012.0195
29. AlSalhi M.S., Alam J., Dass L.A., Raja M. Recent advances in conjugated polymers for light emitting devices. *International Journal of Molecular Sciences*. 2011, vol. 12, iss. 3, pp. 2036–2054. DOI: 10.3390/ijms12032036
30. Pospischil A., Furchi M.M., Mueller T. Solar-energy conversion and light emission in an atomic monolayer p-n diode. *Nature Nanotechnology*. 2014, vol. 9, iss. 4, pp. 257–261. DOI: 10.1038/nnano.2014.14
31. Goettl W.H. Solar heat collector and radiator for building roof. Available at: <https://www.google.com/patents/US4098260> (accessed: 15.03.2017)
32. Vidal A., Diaz A.I. High-performance, low-cost solar collectors for disinfection of contaminated water. *Water Environment Research*. 2000, vol. 72, iss. 3, pp. 271–276.
33. Norwood Z., Nyholm E., Otanicar T., Johnsson F. A geospatial comparison of distributed solar heat and power in Europe and the US. *PLoS One*. 2014, vol. 9, iss. 12. Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0112442&type=printable> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1371/journal.pone.0112442
34. Jiachen W., Lee S.B., Lee K. Design of broadband multilayer dichroic coating for a high-efficiency solar energy harvesting system. *Applied Optics*. 2015, vol. 54, iss. 15, pp. 4805–4811. DOI: 10.1364/AO.54.004805
35. Taylor R.A., Hewakuruppu Y., DeJarnette D., Otanicar T.P. Comparison of selective transmitters for solar thermal applications. *Applied Optics*. 2016, vol. 55, iss. 14, pp. 3829–3839. DOI: 10.1364/AO.55.003829
36. Herron J.A., Kim J., Upadhye A.A., Huber G.W., Maravelias C.T. A general framework for the assessment of solar fuel technologies. *Energy & Environmental Science*. 2015, iss. 8, pp. 126–157. DOI: 10.1039/C4EE01958J
37. Tuller H.L. Solar to fuels conversion technologies: a perspective. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. 2017, iss. 6. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40243-017-0088-2> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1007/s40243-017-0088-2
38. Armaroli N., Balzani V. Solar Electricity and Solar Fuels: Status and Perspectives in the Context of the Energy Transition. *Chemistry*. 2016, vol. 22, iss. 1, pp. 32–57. DOI: 10.1002/chem.201503580
39. James H. Clark. Rafael Luque. Avtar S. Matharu. Green Chemistry. Biofuels and Biorefinery. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*. 2012, iss. 3, pp. 183–207. DOI: 10.1146/annurev-chembioeng-062011-081014
40. Aditya H.B., Chong W.T., Mahlia T.M., Sebayang A.H., Berawi M.A., Nur H. Second generation bioethanol potential from selected Malaysia's biodiversity bio-





- masses: A review. *Waste Management*. 2016, no. 47, pp. 46–61. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.07.031
41. Vasilyev S. Bioenergy: growth difficulties. *Teplovaya energetika* [Thermal Power]. 2017, no. 02(29). (In Russian) Available at: <http://www.eprussia.ru/teploenergetika/> (accessed: 10.04.2017)
42. Ruiz Olivares A., Carrillo-Gonzalez R., Gonzalez-Chavez Mdel Carmen A., Soto Hernandez R.M. Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production. *Journal of Environmental Management*. 2013, iss. 114, pp. 316–323. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.10.023
43. Behera S., Singh R., Arora R., Sharma N.K., Shukla M., Kumar S. Scope of Algae as Third Generation Biofuels. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2015, vol. 2. Available at: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fbioe.2014.00090/full> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.3389/fbioe.2014.00090
44. Mahdy A., Fotidis I.A., Mancini E., Ballesteros M., Gonzalez-Fernandez C., Angelidaki I. Ammonia tolerant inocula provide a good base for anaerobic digestion of microalgae in third generation biogas process. *Biore-source Technology*. 2017, iss. 225, pp. 272–278. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.11.086
45. Kang Q., Appels L., Tan T., Dewil R. Bioethanol from Lignocellulosic Biomass: Current Findings Determine Research Priorities. *The Scientific World Journal*. 2014, iss. 2014. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/298153/> (accessed: 10.04.2017) DOI: 10.1155/2014/298153
46. Chen Z., Liu D. Toward glycerol biorefinery: metabolic engineering for the production of biofuels and chemicals from glycerol. *Biotechnology for Biofuels*. 2016, no. 9. Available at: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-016-0625-8> (accessed: 10.04.2017)
47. Varfolomeyev S.D., Efremenko E.N., Krylova L.P. Biofuels. *Uspekhi khimii* [Russian Chemical Reviews]. 2010, vol. 79, no. 6, pp. 544–564. (In Russian)
48. Kreuter U.P., Iwaasa A.D., Theodori G.L., Ansley R.J., Jackson R.B., Fraser L.H., Naeth M.A., McGillivray S., Moya E.G. State of knowledge about energy development impacts on North American rangelands: An integrative approach. *The Journal of Environmental Management*. 2016, iss. 180, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.05.007
49. *Ofitsialnyy sayt issledovatel'skoy kompanii "Abercade"* [Official site of research company "Abercade"]. Available at: <http://www.abercade.ru/research/industrynews/16270.html> (accessed: 15.03.2017)
50. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossiyskoy Federatsii* [Federal State Statistics Service official site]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed: 15.03.2017)
51. *Ofitsialnyy sayt Pravitel'stva Rostovskoy oblasti* [Rostov Region Government official site]. Available at: <http://www.donland.ru> (accessed: 15.03.2017)
52. *Portal po energosberezheniyu "Energosovet"* [Energy saving portal "Energosovet"]. Available at: <http://www.energosovet.ru/npb1241.html> (accessed: 15.03.2017)
53. *Informatsionnyy portal "Sdelano u nas". Alternativnaya energetika v Stavropolskom kraye* [Informational portal "Sdelano u nas". Renewable Energy in Stavropol Territory]. Available at: <https://sdelanounas.ru/blogs/33215/> (accessed: 15.03.2017)
54. *Postanovleniye Pravitel'stva Astrakhanskoy oblasti ot 24.02.2010 N 54-P "Ob utverzhdenii strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Astrakhanskoy oblasti do 2020 goda"* [An order of Astrakhan Region Government "Astrakhan Region social and economy strategy approval" 24.02.2010 N 54-P]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/424066211> (accessed: 15.03.2017)
55. *Ofitsialnyy sayt Nauchno-proizvodstvennogo predpriyatiya "Donskiye tekhnologii"* [Scientific Industrial Enterprise "Donskiye tekhnologii" official site]. Available at: <http://don-tech.ru/tekushhie-nir-i-okr/solnechnaya-energetika.html> (accessed: 15.03.2017)
56. *Ofitsialnyy sayt Rossiyskogo energeticheskogo agentstva Ministerstva energetiki Rossiyskoy Federatsii* [Russian Power Agency (Russian Federation Ministry of Energy) official site]. Available at: <http://rosenergo.gov.ru/> (accessed: 15.03.2017)
57. *Ofitsialnyy sayt Pravitel'stva respubliki Krym* [Crimea Republic Government official site]. Available at: <http://rk.gov.ru/> (accessed: 15.03.2017)
58. *Ofitsialnyy sayt Ministerstva topliva i energetiki Respubliki Krym* [Crimea Republic Ministry of Energy official site]. Available at: <http://mtop.rk.gov.ru/> (accessed: 15.03.2017)
59. Sanin A.Yu. Energeticheskii kompleks v Krymu v perekhodnyi period [Power complex in the Crimea during a transition period]. *Materialy IV mezhdunarodnoi konferentsii «Vozobnovlyаемая energetika: problemy i perspektivy» i VIII shkoly molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемых energoresursov» imeni E.E. Shpil'rainy, Makhachkala, 21-24 sentyabrya 2015* [Materials IV of the international conference «Renewable power: problems and prospects» and VIII school of young scientists «Current problems of development of renewable energy resources» of a name of E.E. Shpil'rayn», Makhachkala, 21-24 September 2015]. Makhachkala, 2015, vol. 1. pp. 198–201. (In Russian)
60. *Portal ispolnitel'nykh organov gosudarstvennoy vlasti Astrakhanskoy oblasti* ["Astrakhan Region Executive State Government Portal"]. Available at: <https://www.astrob1.ru/> (accessed: 15.03.2017)
61. *Informatsionnyy portal "BANKSOLAR"* [Informational portal "BANKSOLAR"]. Available at: <http://banksolar.ru/?p=1845> (accessed: 15.03.2017)



#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Наталья В. Бондарчук** – д.э.н., профессор, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» (ФГАУ ВО РУДН), экономический факультет, 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, тел. 8(495) 433-20-29 (доб. 2481), e-mail: n.bondarchuk2014@yandex.ru

**Екатерина С. Титова\*** – аспирант, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» (ФГАУ ВО РУДН), экономический факультет, 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, тел.: 8(915) 205-83-14, e-mail: es\_titova@inbox.ru

##### Критерии авторства

Наталья В. Бондарчук обеспечила постановку задачи и проведение исследования, участвовала в написании рукописи, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Екатерина С. Титова проводила сбор материала для проведения исследования, участвовала в написании рукописи. Оба автора в равной степени несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

##### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликт интересов.

**Поступила в редакцию 18.05.2017**

**Принята в печать 27.07.2017**

#### AUTHORS INFORMATION

##### Affiliations

**Natalya V. Bondarchuk** – Doctor (Full Prof.) of economic sciences, professor, Peoples' Friendship University of Russia, economics department, 6 Mikluho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russia, tel. +7 (495) 433-20-29 (2481), e-mail: n.bondarchuk2014@yandex.ru

**Ekaterina S. Titova\*** – PhD student, Peoples' Friendship University of Russia, economics department, 6 Mikluho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russia, tel. +7 (915) 205-83-14, e-mail: es\_titova@inbox.ru

##### Contribution

Natalya V. Bondarchuk was responsible for setting up a problem, conducting the research, preparing technical papers, correcting technical paper before edition. Ekaterina S. Titova was responsible for collecting the materials to conduct the study, preparing technical papers. Both authors are responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

##### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

**Received 18.05.2017**

**Accepted for publication 27.07.2017**