



## Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Тамбовской области в целях обеспечения энергетической безопасности

*О.В. Кондраков, И.В. Кондраков*

*Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,  
302000, Тамбов, Комсомольская пл., д. 5*

**Аннотация.** В работе рассматриваются перспективы использования на территории Тамбовской области альтернативной энергетики. Природные ресурсы являются основными энергетическими источниками всех производственных процессов и жизнедеятельности человека. В связи с тем, что углеводородные источники энергии являются исчерпаемыми, во всем мире идет поиск новых технологий использования возобновляемых источников энергии. В статье исследованы основные направления энергетической политики РФ, касающиеся применения возобновляемых источников энергии. В соответствии с «Энергетической стратегией России до 2030 года» планируется увеличение доли возобновляемых источников энергии и использование местных топливных ресурсов в регионах. Актуальным является определение возможностей и перспектив использования возобновляемых источников энергии на территории Тамбовской области. В исследовании проведен анализ актинометрических и метеорологических данных по территории Тамбовской области. В целях обоснования перспективы использования энергетических источников на основе энергии солнца была проведена оценка актуализирующих критериев: суммарная солнечная радиация, продолжительность светового дня, среднемесячная дневная энергетическая освещенность, коэффициент солнечная радиация, среднегодовая и среднемесячная скорость ветра.

Актуальность использования альтернативной энергетики в Тамбовской области объясняется темпами развития аграрного сектора экономики. Это обуславливает наличие большого количества отходов продукции сельского хозяйства (солома, трава, навоз, шелуха подсолнечника, стебли кукурузы, картофельная ботва, птичий помёт), которые являются основным сырьем для биоэнергетики. В качестве обоснования положительного результата от предложенных мер, в работе проведен SWOT-анализ перспектив применения на территории Тамбовской области возобновляемых источников энергии

На основе исследования делается вывод о целесообразности использования возобновляемых источников энергии для решения задач экологической, энергетической безопасности.

**Ключевые слова:** энергетическая стратегия, возобновляемые источники энергии, альтернативная энергетика, солнечная энергия, биомасса, ветроэнергетическая установка, ветроэнергетический потенциал, биогазовые установки, SWOT-анализ

**Для цитирования:** Кондраков О.В., Кондраков И.В. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Тамбовской области в целях обеспечения энергетической безопасности // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 4. С. 561–572. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-4-561-572

## Perspectives of using renewable power sources in Tambov region for maintaining energy security

*O.V. Kondrakov, I.V. Kondrakov*

*Derzhavin Tambov State University,  
5 Komsomolskaya Ploshchad, Tambov 302000, Russia*

**Abstract.** The authors of the article examine the possibilities of using alternative energy in Tambov region. Natural resources are the main power sources for both production process and human activity. Since hydrocarbon energy sources are not inexhaustible scientists all over the world are searching for new technologies for exploiting renewable power sources. The authors have studied the basic tendencies of Russia energy policy concerning the use of renewable power sources. According to "Energy Strategy of the Russian Federation until 2030" the share of renewable power sources will be increased and local fuel resources will be used in the regions. It is essential to define the opportunities and perspectives of using renewable power sources in Tambov region. The research involves analysis of actinometric and meteorological data in Tambov region. To ground the perspective of using solar energy based power sources the authors estimated the following updating criteria: total solar radiation, daylight hours, average monthly daylight irradiance, average annual and average monthly wind speed.

The necessity of using alternative energy in Tambov region is explained by the pace of development of agricultural sector of economy. As a result there is a lot of agricultural waste (straw, grass, manure, sunflower husk, corn stalks, potato tops, bird droppings) which is the main source for bioenergy.

To show the benefit of the measures taken the authors have conducted the SWOT-analysis of perspective use of renewable power sources in Tambov region.

The study conducted demonstrates the expediency of using renewable power sources to solve the tasks of environmental and energy security.

**Keywords:** energy strategy, renewable energy sources, alternative energy, solar energy, biomass, wind power plant, wind energy potential, biogas plant, SWOT-analysis

**For citation:** Kondrakov O.V., Kondrakov I.V. Perspectives of using renewable power sources in Tambov region for maintaining energy security. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 4. Pp. 561–572. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1634-2020-4-561-572

## 坦波夫州利用可再生能源以确保能源安全的前景

冈孔德拉科夫 O.V., 康德拉科夫 I.V.

坦波夫州杰尔查文国立大学  
坦波夫市, 共青团员广场5号

**简评.** 本文讨论了坦波夫州利用替代能源的前景。自然资源是所有生产过程和人类生活的主要能源。由于碳氢化合物能源是可耗尽的, 因此在世界范围内都在寻找利用可再生能源的新技术。本文探讨了俄罗斯联邦关于使用可再生能源的能源政策的主要方向。根据《2030年前俄罗斯能源战略》, 坦波夫州计划提高可再生能源在能源结构中的比例并利用当地的燃料资源。迫切需要论证在坦波夫州利用可再生能源的可行性和前景。这项研究分析了坦波夫州的太阳辐射和气象数据。为了论证基于太阳能的能源利用前景, 对现行指标进行了评价: 太阳能总辐射量, 日照时数, 月平均日照度, 太阳辐射系数, 年均和月均风速。

坦波夫地区利用替代能源的现实性基于农业经济部门的快速发展, 这导致大量农业废弃物(稻草、草、粪肥、葵花壳、玉米秸、, 马铃薯茎叶、鸟粪)的存在, 它们是生物能源的主要原料。为了证明所建议措施的可行性, 本文对坦波夫地区使用可再生能源的前景进行了SWOT分析。在研究的基础上, 得出了结论: 利用可再生能源解决环境和能源安全问题具有可行性。

**关键词:** 能源战略, 可再生能源, 替代能源, 太阳能, 生物量, 风能设备, 风能潜力, 沼气厂, SWOT分析

### **Введение**

Темпы развития современной мировой экономики актуализируют процессы обеспечения эффективного функционирования промышленных предприятий. Причиной тому служит жесткая конкуренция, динамика потребностей конечных потребителей, развитие производственной логистики, научно-технический прогресс и многое другое.

Несомненно, успех хозяйственной деятельности промышленных предприятий достигается учетом вышеперечисленных факторов в стратегическом плане развития, а также в обеспечении роста экономического потенциала. Однако факторный анализ не является панацеей, способом решения всех экономических проблем. В последнее время наблюдается повышенный интерес к оптимизации производственных процессов как со стороны государства, так и со стороны промышленных предприятий на основе максимально эффективного использования различных видов ресурсов.

В этой связи следует отметить, что в настоящее время основным инструментом обеспечения устойчивого развития экономики РФ и роста ВВП в частности, занимают природные ресурсы. На протяжении долгого времени считалось, что природные ресурсы будут «служить» мировой цивилизации неограниченное время. Данное мнение несомненно является ошибочным, в конце двадцатого столетия ученые доказали ограниченность использования различных видов природных ресурсов. Следовательно, стратегической задачей промышленных предприятий и экономики в целом, становится поиск альтернативных источников энергии, как основного ресурса обеспечения производства. Но в этом направлении существует целый ряд проблем, связанных с недостаточным финансированием и низким качеством инфраструктуры.

### **Постановка задачи**

По данным Федеральной службы государственной статистики, в Тамбовской области наблюдается высокий уровень износа основных производственных фондов (63 %) топливно-энергетического комплекса [1]. В настоящее время около 40 % всех сетей требуют ремонта либо полной замены, что влечет за собой колоссальные финансовые вложения. Отсутствие внимания данным проблемам оборачивается для экономики аварийными ситуациями, перебоями в производстве и другими совокупными

затратами как со стороны предприятий, так и домашних хозяйств. Для обеспечения энергетической безопасности в целях бесперебойного и надежного снабжения потребителей топливно-энергетическими ресурсами требуются инновационные технологии, к которым относится применение возобновляемых источников энергии [2].

Решение этого вопроса осуществляется на различных уровнях. Так, на федеральном уровне разработана «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», которая является основным программным документом, призванным решать проблемы энергетической безопасности с позиции государственного участия [3].

Энергетическая безопасность, как отдельное направление развития национальной экономики является для Российской Федерации новым и мало изученным. Современная российская наука в сфере альтернативной энергетики практически не представлена, а если и представлена, то в незначительных масштабах.

В настоящее время современные мировые тенденции, и отечественные проблемы использования природных ресурсов, дают возможность сделать вывод о том, что Россия, несомненно, заинтересована в данной сфере экономики, так как именно она станет стимулом развития и фактором диверсификации производства, трансформации национальной экономики из ресурсной в инновационную [4].

Россия в незначительном объеме участвует в мировых разработках в сфере альтернативной энергетики, вместе с тем она обладает достаточным потенциалом. Следует отметить значительное количество научно-технических разработок в данной сфере (ветровые и солнечные электростанции, биогазовые установки), активно развивающееся международное сотрудничество. Это в совокупности послужило фундаментом развития данной сферы в российских условиях. Тем более, что в сравнении с традиционными способами получения энергии, преимуществом альтернативной энергетики является её неисчерпаемость, безопасность, автономность, экономичность [5, 6].

Мировые тенденции развития исследований в сфере энергетики будущего актуализируют использование новейших технологий. В результате их применения обеспечивается эффективное использование традиционных видов энергетических ресурсов. Речь идет об углеводородном топливе, неуглеводородных источниках энергии и технологий их получения.

Далее рассмотрим мировые примеры использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива.

Планирование является основным условием обеспечения стратегического развития любого процесса, в том числе в сфере использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и различных видов топлива. Перечислим ряд факторов, актуализирующих тенденции развития подходов к использованию ВИЭ:

- снижение положительной динамики антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- увеличение потребления тепловой энергии всеми видами участников рынка (увеличение потребности);
- повышение эффективности добычи ископаемого топлива, с последующим снижением потребности в нем, сохранение запасов природных ресурсов;
- обеспечение крепкого здоровья населения и повышение качества жизни за счет снижения выбросов в окружающую среду, снижение федеральных расходов в целом на здравоохранение;
- снижение совокупных затрат, связанных с транспортировкой и распределением электроэнергии, топлива [7].

Исследования показывают, что прогнозируемые технические ресурсы возобновляемых источников энергии, включающих потенциал использования энергии солнца и ветра, составляют порядка 4,5 млрд т усл. топл в год. На сегодняшний день, данная величина в 4 раза выше объема потребления всей совокупности топливно-энергетических ресурсов в масштабах страны.

Несомненно, основными факторами, сдерживающими или способствующими использованию ВИЭ являются: их стоимость для населения и промышленности, объем совокупных запасов ископаемых топливно-энергетических ресурсов и их качество; темпы развития регионов и т.д. [8].

Перечисленные факторы постоянно меняются не только по количеству, но и по качеству, в этой связи требуется их периодическая оценка и разработка конкретных программ и иных программных документов по развитию ВИЭ.

Исходя из исследования положительных результатов использования альтернативных источников энергии, а также учитывая темпы развития мирового научно-технического прогресса (НТП), перед отечественной наукой поставлены стратегические задачи по обеспечению рационально-обоснованного роста приме-

нения различных видов ВИЭ. Основными стратегическими направлениями применения ВИЭ является: сфера производства электрической и тепловой энергии, увеличение темпов использования альтернативных видов топлива для различных отраслей российской экономики.

Основным направлением государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИЭ на период до 2030 года, является повышение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием ВИЭ (за исключением гидроэлектростанций мощностью более 25 МВт) примерно с 0,5 до 4,5 %.

В целях обеспечения поставленных задач, планируется увеличить масштабы производства электроэнергии на базе ВИЭ, условием обеспечения является ввод генерирующих объектов: малых ГЭС; солнечных, ветряных, приливных, геотермальных электростанций; тепловых электростанций, использующих биомассу в качестве одного из топлив; прочих видов электроустановок [9]. Их суммарная установленная мощность должна составлять не ниже 25 ГВт.

Для обеспечения устойчивого использования ВИЭ в российских условиях, обратимся к мировому опыту. За рубежом (Германия, Великобритания, Франция, Испания, Норвегия, Дания), решение данной задачи, как правило, начинается с формирования комплекса целенаправленных мер государственной политики в данной сфере [10–13]. Они предусматривают различные меры государственной поддержки этой сферы в соответствии с прогнозируемым развитием ВИЭ. Как и любая производственная сфера, деятельность предприятий по созданию ВИЭ должна обеспечиваться со стороны государства всей необходимой инфраструктурой, государство должно поддерживать и развивать здоровую конкуренцию в этой сфере. Следующей мерой участия государства, как правило, является обеспечение процесса формирования топливно-энергетических балансов территорий.

В свою очередь, в России предусмотрены меры по разработке и уточнению схемы размещения генерирующих объектов электроэнергетики на основе использования ВИЭ по всей территории РФ. В этой части мероприятий будут сделаны акценты на определение мест размещения производительных сил, на основе тенденции социально-экономического развития территорий, их ресурсного обеспечения, определен перечень проектов по созданию новых и рекон-

струкции действующих генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ.

Предлагаемые в энергетической стратегии России до 2030 г. меры в рамках 3-го периода к 2030 г. должны обеспечить увеличение объема производства электроэнергии на базе ВИЭ не менее чем на 80–100 млрд кВт.ч в год.

Соответственно, основными прогнозируемыми параметрами государственной политики в сфере использования ВИЭ и местных видов топлива в период до 2030 г. являются:

- координация мер в сфере развития электроэнергетики на основе возобновляемой энергетики;
- реализация мер государственной поддержки развития производства ВИЭ как отрасли (меры планируются к реализации до момента развития здоровой конкуренции в отрасли производства ВИЭ);
- государственная поддержка отраслей промышленности и науки для обеспечения сферы производства ВИЭ отечественным оборудованием, комплектующими, технологиями;
- формирование благоприятной среды для привлечения инвестиций в производство новых и реконструкцию действующих генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ;
- поддержка и развитие малых форм предпринимательства в сфере энергетического сервиса;
- легкая доступность информации о реализации мероприятий по развитию возобновляемой энергетики;
- обеспечение технического контроля и надзора за соблюдением требований безопасности в процессе использования ВИЭ;
- разработка мер по поддержке развития производства местных источников топлива и обеспечение работы на них тепловых электростанций и котельных в труднодоступных и удаленных регионах;
- обеспечение использования энергии, полученной в процессе переработки городских бытовых отходов [3].

Распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 15.05.2018) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года», была поставлена цель довести в энергетическом балансе до 4,5 % долю возобновляемых источников энергии.

В «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» представлены этапы развития энергетики, основанной на возобновляемых источниках. Однако по истечении первого этапа энергетической стратегии (2015 г.) установленные ориентиры не были достигнуты. Ориентир первого этапа – увеличение к 2015 г. местных источников энергии в региональных топливно-энергетических балансах до 10 %, также не достигнут. На 2018 г. в Тамбовской области не были использованы местные источники энергии (за исключением дров в сельской местности).

#### **Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Тамбовской области**

Региональный аспект в реализации мер по развитию ВИЭ играет ключевое значение, тем более, что социально-экономические характеристики всех территорий входящих в состав России могут поспособствовать этому, либо создать множество проблем [14, 15]. В качестве примера проанализируем возможность использования ВИЭ в Тамбовской области, что будет являться основным вектора данного исследования.

Одним из возможных вариантов альтернативных источников энергии в Тамбовской области может быть использована энергия солнца. Приток солнечной радиации к поверхности земли зависит от множества параметров: времени года, суток, облачности, прозрачности атмосферы, широты места и высоты над уровнем моря.

Энергия солнца является самым распространенным источником получения энергии в развитых странах, и не является исключением для ее использования в удаленных уголках России. Тем более, она доступна по всей поверхности земли. В российских условиях поступление солнечной энергии зависит в большей степени от продолжительности дня. Так, мощность потока солнечной радиации, на территорию площадью 10 км<sup>2</sup> в условиях летнего дня составляет порядка 8 млн кВт. Следует отметить, что полная энергетическая характеристика солнечного потока определяется суммарной солнечной радиацией.

Основным фактором, движущей силой, актуализирующей использование солнечной энергии, является интенсивность солнечного излучения, приходящегося на единицу площади кВт·час/м<sup>2</sup> (или кВт/м<sup>2</sup> (Вт/м<sup>2</sup>)). При этом среднегодовое значение данного показателя составляющего 11–12 кВт·час/м<sup>2</sup> актуализи-

Таблица 1

Продолжительность солнечного сияния в часах, суммарная солнечная радиация и отношение к возможной продолжительности в % по метеостанции Тамбов  
 [The duration of sunshine in hours, total solar radiation and the ratio to the possible duration in% according to the Tambov weather station]

Параметр	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Продолжительность (ч)	53	86	128	191	266	294	286	258	185	98	52	31
Отношение к возможной (%)	21	30	35	46	54	58	56	56	48	30	20	13
Суммарная солнечная радиация за 2016 г. МДж/м <sup>2</sup>	68,22	112,66	144,16	303,24	359,66	468,75	601,3	519,02	366,11	347,37	91,51	82,1
Суммарная солнечная радиация в среднем за период 1986–2017 гг. МДж/м <sup>2</sup>	82,6	149,68	324,2	435,67	604,38	636,89	644,80	532,84	333,94	184,13	81,09	62,26

рует строительство солнечных электростанций [16]. С экономической точки зрения данные инвестиционные проекты целесообразны.

Географические особенности Тамбовской области позволили провести анализ основных физико-географических показателей, обеспечивающих эффективность использования энергии солнца. Речь идет о продолжительности солнечного сияния. Факторами учета служат различные условия: малая и высокая облачность. Расчеты проводились в разные времена года, в рамках которых регистрировалась продолжительность солнечного сияния. Облачность является одним из ключевых показателей, поскольку она показывает приход солнечной радиации на поверхность земли и обеспечивает эффективность работы солнечных установок.

В результате проведенного исследования было выявлено, следующая закономерность: наибольшее значение показателя солнечной радиации приходится на период с апреля по октябрь. Вместе с тем, следует отметить, что максимальное значение данного показателя за сутки характерно для июля и составляет кВт/м<sup>2</sup>. Результаты исследования сведены в табл. 1.

По данным метеостанции Мичуринск, общее количество суммарной солнечной радиации приходящей на горизонтальную поверхность в год на территории Тамбовской области составляет 4134 МДж/м<sup>2</sup>. Данная величина варьирует в зависимости от времени года: зима – 293 МДж/м<sup>2</sup>, весна – 1379 МДж/м<sup>2</sup>, лето – 1851 МДж/м<sup>2</sup> и осень – 602 МДж/м<sup>2</sup>. Минимальное значение данной величины наблюдается в декабре – 62,95 МДж/м<sup>2</sup>, а максимальное значение в июле – 657,93 МДж/м<sup>2</sup>. Основной причиной этому является сокращение продолжительности светового дня.

Кроме того, по всей территории Тамбовской области отмечается неоднородность показателя фотосинтетически активной радиации (ФАР).

Так, в календарный период с апреля по октябрь его величина составляет от 1500 МДж/м<sup>2</sup> на северо-западе области, до 1600 МДж/м<sup>2</sup> на крайнем юго-востоке.

Следующим критерием оценки является инсоляция, она измеряется кВт.час/м<sup>2</sup> в день. По причине того, что на территории Тамбовской области наблюдаются сезонные колебания солнечной радиации, то значение данного показателя изменяется в зависимости от времени года. При этом отмечено, что в январе значение инсоляции составляет 82,6 кВт.час/м<sup>2</sup> в день, а в июле – 644,80 кВт.час/м<sup>2</sup> в день.

На результаты исследуемых показателей в свою очередь оказывает влияние продолжительность светового дня. Она показывает количество часов за сутки, в течение которых светит солнце. В Тамбовской области пик продолжительности солнечного сияния приходится на период с апреля (180 ч) по сентябрь (174 ч).

В целях обеспечения экономической целесообразности развития электроэнергетики на основе использования солнечной энергии минимальное значение продолжительности солнечного сияния должно составлять не менее 1700 ч/год. В условиях Тамбовской области данный показатель составляет в среднем 1928 ч/год.

По этой причине круглогодичная эксплуатация солнечных электрических станций (СЭС) малоэффективна. В качестве возможного варианта может быть предложено сезонное применение СЭС, либо использование комбинирование возобновляемых источников с традиционными.

Следующим параметром, обеспечивающий экономическую эффективность использования солнечных электростанций является среднемесячная дневная энергетическая освещенность  $E$  (кВт.час/м<sup>2</sup>). Технически приемлемый уровень солнечной радиации для солнечных электростанций определяется выражением  $E \geq 0,2$  кВт.час/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2

Энергетическая освещенность солнечной радиацией в Тамбовской области [Energy illumination by solar radiation in the Tambov region]												
Время, ч, мин	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
9–30	0,09	0,18	0,3	0,43	0,55	0,59	0,56	0,5	0,38	0,22	0,11	0,06
12–30	0,2	0,31	0,43	0,5	0,6	0,62	0,6	0,55	0,43	0,27	0,15	0,13
15–30	0,05	0,13	0,22	0,28	0,39	0,43	0,41	0,35	0,24	0,11	0,03	0,01
18–30	–	–	–	0,02	0,07	0,11	0,11	0,04	–	–	–	–

Следует отметить, что каждый из перечисленных критериев отражает отдельные аспекты оценки эффективности использования солнечной энергии.

В Тамбовской области неоднородный уровень солнечной активности не дает возможность применять солнечную энергию в качестве основного источника энергии. Её можно использовать только в качестве резервного источника энергии.

В процессе использования солнечной энергии основным средством ее накапливая являются солнечные батареи. При этом фокусировка солнечного излучения позволяет экономить на количестве солнечных батарей, обеспечивая при этом экономию средств на их приобретения.

Рассчитаем экономическую эффективность сезонного применения солнечных батарей для частных домовладений. Для расчета используем следующее оборудование: солнечная батарея SilaSolar 210 Вт (5ВВ) – 7139 руб.; аккумулятор SunStonePower MLG12 – 150 Ач, напряжением 12 В – 21 775 руб.; гибридный солнечный инвертор Solarworks VM III-5000 – 48,5 кВт, 48В – 68,950 руб.

В этом случае, стоимость комплекта составит:  $7139 + 21775 + 68950 = 96914$  руб. Затраты на установку оборудования, в среднем, составляют 25 % от общей стоимости, т.е.  $96914 \times 0,25 = 24\,228$  руб. Таким образом, общая сумма затрат на приобретение и установку оборудования составляет: 121142,5 руб.

Примем среднюю выработку электроэнергии 600 кВт.ч в месяц. В итоге за 6 месяцев активной солнечной энергии будет выработано  $600 \times 6 = 3600$  кВт.ч. Таким образом, в первый год при средней тарифной ставке 4 руб. за 1 кВт.ч электроэнергии Тамбовской области экономия от использования составит:  $4 \times 3600 = 14\,400$  руб., следовательно, за 8 лет установка окупится полностью. Необходимо учитывать, что в результате инфляции цена на электроэнергию с каждым годом увеличивается на 5 %.

При использовании традиционных способов подключения к линии электропередач (ЛЭП), затраты существенно отличаются.

В этом случае стоимость услуги подключения к новому дому линии электропередач составит 20810 руб. Однако при нахождении домовладения вдалеке от трансформаторных подстанций, затраты на строительство воздушной линии электропередачи протяженностью 1 км составляет 3323364 руб.

При сравнении совокупных затрат очевидно, что подключение домовладения, используемого исключительно в летний период (дача, загородный дом), расположенного на удаленном расстоянии к ЛЭП экономически не выгодно, в данном случае предпочтительнее использовать генераторы на основе возобновляемых источников.

Следующим возможным источником получения энергии в Тамбовской области может служить энергия ветра. Целесообразность и эффективность использования ветроустановок зависит от множества параметров, таких как: стоимость самих установок, скорости ветра, стоимости электроэнергии и т.д.

Основной энергетической характеристикой ветра является удельная мощность ветрового потока, приходящегося на единицу площади поперечного сечения данного потока. Ветроэнергетический потенциал характеризуется удельной мощностью. При условной скорости ветра равной 3 м/с удельная мощность составляет  $89 \text{ Вт/м}^2$ . При увеличении скорости ветра до 4,5 м/с – данный показатель составляет –  $274 \text{ Вт/м}^2$ . Минимально допустимая величина скорости ветра необходимая для пуска энергетической установки составляет 3 м/с. Далее рассмотрим основные среднемесячные и среднегодовые значения скорости ветра в Тамбовской области (табл. 3).

Из анализа литературных источников выявлено, что ветровые установки экономически целесообразны на территориях, со скоростью ветра больше 5 м/с [17].

Наравне с энергией ветра и солнца в мировой практике находят применение технологии использования биомассы в качестве источника энергии. В свою очередь использование технологий по получению энергии на основе био-

Таблица 3

Название станции	Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) [Average monthly and annual wind speed (m/s)]												Год
	Месяц												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
Моршанск	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,8	2,5	2,6	2,8	3,2	3,3	3,5	3,1
Мичуринск	3,7	3,5	3,3	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	2,5	3,2	3,5	3,8	3,1
Тамбов	3,7	3,6	3,4	3,4	3,0	2,7	2,5	2,5	2,7	3,3	3,6	3,8	3,2
Кирсанов	3,3	3,2	2,9	2,8	2,6	2,4	2,1	2,1	2,3	2,9	3,1	3,3	2,8
Совхоз им. Ленина	3,1	3,0	2,6	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1	2,6
Жердевка	4,8	4,7	4,2	4,0	3,6	3,2	3,1	3,1	3,4	4,1	4,4	4,8	3,9
Обловка	4,1	3,9	3,7	3,6	3,1	2,8	2,5	2,5	2,9	3,5	3,9	4,1	3,4

массы в качестве обязательного условия, требует близости энергопроизводства к источнику сырья, в качестве которого выступают сельскохозяйственные предприятия.

Тамбовская область является аграрным регионом, по всей ее территории насчитывается 267 сельскохозяйственных предприятий, размещенных на территории 23 районов. Это условие дает возможность актуализировать использование в Тамбовской области технологии по получению энергии из биомассы. В национальном масштабе к числу таких территорий могут относиться весь Центрально-Черноземный район, Краснодарском край, Центральная Россия и Юг Сибири [18].

В современных условиях технологии по получению энергии из биогаза используются повсеместно. Так, на территории Германии открыто и функционируют более 7000 биогазовых установок. Они расположены в близкой доступности от органических отходов и энергетически ценного сырья.

По мнению экспертов, эквивалентом потребления 1 м<sup>3</sup> биогаза является потребление 700 грамм мазута или 1,7 кг дров, при одинаковой теплоотдаче.

Упрощается технология получения биогаза относительно беззатратным способом получения необходимых ресурсов. Так, одна голова крупного рогатого скота обеспечивает за один календарный год 300–500 м<sup>3</sup> биогаза. Один гектар луговой травы – позволяет получить 6000–8000 м<sup>3</sup> биогаза в год.

В условиях нестабильности, высокой стоимости энергоносителей актуализируются задачи по использованию альтернативных источников энергии. Наравне с перечисленными факторами возрастает величина органических отходов от сельского хозяйства и от человеческой деятельности. Таким образом, для Тамбовской области может быть решена интегрированная задача по переработки отхо-

дов домашних хозяйств и сельского хозяйства с получением энергии на основе вырабатываемого в процессе переработки биогаза [19].

Современные технологии, используемые в биогазовых установках, обеспечивают полную очистку биогаза от побочных продуктов, что позволяет увеличивать содержание метана в биогазе до 90 %. Это является достаточно важным условием эффективности использования биогаза, поскольку в процессе переработки отходов сельского хозяйства и домашних хозяйств без использования технологий очистки содержание метана находится в пределах 50–60 % в общем объеме вырабатываемого биогаза (табл. 4).

Следует отметить, что в процессе получения биогаза, попутно в системе охлаждения двигателя когенератора, в котором сжигают биогаз, образуется большое количество горячей воды, температура которой достигает 80 °С [20–22]. Этой горячей водой можно отапливать производственные, подсобные помещения, жилые дома, поддерживать микроклимат в теплицах, снижая тем самым затраты на коммунальные услуги.

Из 11 м<sup>3</sup> биогаза вырабатывается 2 кВт электрической энергии. Соответственно, свиноводческий комплекс с поголовьем в 10000 единиц может поставлять 500 тыс. м<sup>3</sup> биогаза и обеспечивать до 1 млн кВт электроэнергии.

Наравне с перечисленными достоинствами технологии по получению биогаза решается экологическая проблема утилизации органических отходов жизнедеятельности человека и животных. Биогазовые установки могут устанавливаться в сельской местности на фермах, свиноводческих комплексах, птицефабриках для обеспечения энергетической независимости производства электрической и тепловой энергии из отходов производства.

Свиноводческий комплекс с количеством 108 тыс. голов ежедневно выделяет в атмосферу 36 млрд болезнетворных микробов (туберкулеза, бруцеллеза и т.д.), яйца гельминтов



Таблица 4

Содержание метана в биогазе в процессе переработки биоотходов [Methane content in biogas in the processing of biowaste]		
Тип сырья	Содержание метана, %	Выход биогаза из 1 кг сухого вещества, л
Навоз	60	210
Трава	70	630
Солома	59	350
Шелуха подсолнечника	60	300
Стебли кукурузы	53	410
Картофельная ботва	60	415
Птичий помёт	62	410
Домашние и бытовые отходы	50	600

Таблица 5

SWOT-анализ перспектив альтернативной энергетики в Тамбовской области [SWOT-analysis of the prospects for alternative energy in the Tambov region]	
<p><b>Сильные стороны</b> Наличие отходов животноводства и растениеводства. Наличие необходимого уровня инсоляции и ветровых ресурсов. Стратегическое планирование развития возобновляемой энергетики в рамках «Энергетической стратегии России на период до 2030 года». Экологически чистые технологии получения энергетических ресурсов без загрязнения окружающей природной среды. При производстве не образуется отходов. Использование новейших технологий, сочетая централизованное и децентрализованное энергообеспечение. В последние годы в мировом энергетическом балансе доля возобновляемых источников достигла пятой части.</p> <p><b>Возможности</b> Возобновляемая энергетика базируется на разных природных ресурсах, что позволяет беречь невозобновляемые источники и использовать их в других видах экономической деятельности. Повышение финансовой устойчивости энергетической отрасли вследствие развития малой энергетики. Независимость альтернативных источников энергии от углеводородного топлива обеспечивает энергетическую безопасность регионов. Применение комбинированной системы централизованного и децентрализованного энергоснабжения потребителей, позволит в случае возникновения аварийных ситуаций переключаться на резервные источники и линии электропередач. Развитие локальной генерации позволит обеспечить диверсификацию энергоснабжения. Возможность подключения к интеллектуальной энергетике SmartGrid. Большие начальные капитальные затраты впоследствии компенсируются низкими эксплуатационными издержками.</p>	<p><b>Слабые стороны</b> Сложность в поиске инвесторов из-за длительной окупаемости объектов генерации энергии. Высокая стоимость оборудования для возобновляемой энергетики. Большая часть оборудования для возобновляемой энергетики – импортная. Необходима большая площадь под солнечные батареи. Недостаточная нормативно-правовая база для поддержки альтернативной энергетики. Отсутствие экономического стимулирования альтернативной энергетики. Требуются значительные затраты на создание приемников, аккумуляторов, преобразователей, регуляторов.</p> <p><b>Угрозы</b> Слабая скорость ветра не позволит вывести генерирующий источник на необходимую мощность. Неравномерность солнечной радиации по месяцам. Негативное влияние ветровой энергетики на фауну (вибрация, шум). Солнечная генерация недостаточно эффективно работает в вечерние, пиковые часы потребления. Производство фотопластин для солнечных батарей очень токсичное, энергозатратное и дорогое.</p>

(аскарид, трихоцефалат и т.д.), 3600 кг аммиака и 350 кг сероводорода. Переработка отходов биогазовой установки позволяет быстро обеззараживать отходы животноводства. В результате удаления газа и обработки бактериями биосубстрат представляет собой экологически чистое органическое удобрение. Внесение таких удобрений улучшает плодородность почв и уменьшает количество необходимого использования минеральных удобрений.

Тамбовская область располагает значительными потенциальными возможностями производства биогаза из навоза свиней и крупного рогатого скота. В настоящее время в Тамбовской области содержатся 926,6 тыс. голов свиней.

В результате проведенного исследования составим SWOT-анализ перспектив применения на территории Тамбовской области возобновляемых источников энергии (табл. 5).

Данные SWOT-анализа показывают, что несмотря на слабые стороны и угрозы, существует перспектива в виде сильных сторон и возможностей применения возобновляемых источников энергии на территории Тамбовской области совместно с традиционной энергетикой.

### Заключение

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

- выявлена целесообразность сезонного использования солнечных установок на территории Тамбовской области;
- актуализировано использование отходов животноводства для производства биологического топлива;
- проведено исследование продолжительности светового дня, облачности, инсоляции на территории Тамбовской области;
- экономически обоснованно использование для бытового потребления, горячего водоснабжения, обогрева дач, теплиц, подсобных помещений в частных домовладениях, расположенных на большом расстоянии от ЛЭП установок на основе ВИЭ.

В целях использования биогаза, биогазовые установки целесообразно применять там, где доступно сырьё и имеется возможность полностью использовать все виды энергии, полученной из биогаза. Производство биотоплива позволяет получать энергетический носитель, способный не только удовлетворять энергетические потребности, но и снизить негативное антропогенное воздействие на окружающую среду, так как при производстве биотоплива удаляются загрязнители, создающие угрозу нарушения экологического равновесия. Главным преимуществом использования биогаза является наличие источников сырья в Тамбовской области.

Вместе с тем, прогнозы экспертов показывают, что со временем установки для альтернативной энергетики будут дешеветь, что будет способствовать снижению затрат, ресурсосбережению и рациональному природопользованию, в том числе на территории Тамбовской области.

### Библиографический список

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Статистический сборник. М.: Росстат. 2017. 751 с.
2. *Климчук М.Н.* Императивы развития предприятий альтернативной энергетики:

акцент на инновации // *Journal of Economic Regulation*. 2012. Т. 3. № 4. С. 142–149.

3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 г. № 1715-р. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_94054/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/)

4. *Воропай Н.И.* Малая энергетика в рыночной среде: анализ требований и условий развития // ТЭК. 2003. № 2. С. 97–98.

5. *Аверьянов В.К., Толмачев В.Н., Юферев Ю.В.* Вовлечение возобновляемых источников в региональные энергетические балансы // Газовая промышленность. 2009. № 10 С. 60–63.

6. *Безруких П.П.* Эффективность возобновляемой энергетики. Мифы и факты // Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 1 (29). С. 5–17.

7. *Баринов В.А.* Энергетика России: взгляд в будущее. Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года. М.: Энергия, 2010. 615 с.

8. *Лукутин Б.В.* Возобновляемые источники энергии: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2008. 187 с.

9. *Воропай Н.И.* Энергетическая безопасность России и малая энергетика // Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век: материалы всероссийской научно-технической конференции. СПб.: РАПСМЭ, РЭНТОЭ, 2002. 412 с.

10. *Khare V., Nema S., Baredar P.* Solar-wind hybrid renewable energy system: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. V. 58. P. 23–33. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.223

11. Energy Security. How the United States uses and produces energy is a national security issue. URL: <https://www.americansecurityproject.org/issues/energy-security/>

12. *Heier S.* Wind Energy Conversion Systems, in *Grid Integration of Wind Energy: Onshore and Offshore Conversion Systems*. Chichester (UK): John Wiley&Sons, Ltd, 2014. 494 p.

13. *Weiland P.* Impact of competition claims for food and energy on German biogas production. Ludlow: IEA Bioenergy Seminar, 2008. 19 p.

14. *Любимова Е.В.* Возобновляемые энергетические источники Сибири: достигнутое и перспективы // Регион: экономика и социология. 2018. № 1. С. 250–270. DOI: 10.15372/REG20180112

15. *Николаевская К.Н.* Развитие возобновляемых источников добычи электроэнергии в целях снижения энергодефицитности

Республики Крым // Nauka-rastudent.ru. 2015. № 6 (18) С. 8.

16. Губанова Л.В., Косщева Г.С. К вопросу о развитии солнечной энергетики на юге Тюменской области // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2016. № 2 (12). С. 64–68.

17. Падалко Л.П., Заборовский А.М. Техничко-экономические предпосылки развития ветроэнергетики // Энергетика и ТЭК. 2006. №10. С. 18–22.

18. Кондаков А.М. Альтернативные источники энергии. М.: Прива, 2006. 185 с.

19. Кондраков О.В., Кондраков И.В. Возможности использования возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве // Направления повышения стратегической конкурентоспособности аграрного сектора экономики: материалы международной научно-практической конференции. Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2018. С. 282–287.

20. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А. Ресурсы и эффективность использования ВИЭ в России / Под. ред. П.П. Безруких. СПб.: Наука, 2007. С. 158–159.

21. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2010. 232 с.

22. Цыганов А.Р., Клочков А.В. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы. Минск: Беларуская навука, 2012. 143 с.

### References

1. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018: Statistical compendium Rosstat. Moscow, 2017. 751 p. (In Russ.)

2. Klimchuk M.N. Development imperatives of alternative energy enterprises: focus on innovation. *Journal of Economic Regulation*. 2012. Vol. 3. No. 4. Pp. 142–149. (In Russ.)

3. Energy strategy of Russia for the period up to 2030: direction of the Government of Russian Federation from November 13, 2009. No. 1715-d. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_94054/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/) (In Russ.)

4. Voropai N.I. Small-scale energy in the market environment: analysis of development requirements and conditions. *Fuel and Energy Complex*. 2003. No. 2. Pp. 97–98. (In Russ.)

5. Averyanov V.K., Tolmachev V.N., Uferev U.V. The inclusion of renewable sources in the regional energy balances. *Gas Industry Magazine*. 2009. No. Pp. 60–63. (In Russ.)

6. Bezrukikh P.P. Efficiency of renewable energy. Myths and facts. *Bulletin of Agrarian Science Don*. 2015. No. 1. Pp. 5–17. (In Russ.)

7. Barinov V.A. Russian energy: a look into the future. Substantiating materials to the Energy strategy of Russia for the period up to 2030. Moscow: Energiya, 2010. 615 p. (In Russ.)

8. Lukutin B.V. Renewable energy sources: training manual. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008. 187 p. (In Russ.)

9. Voropai N.I. Energeticheskaya bezopasnost' Rossii i malaya energetika [Energy security of Russia and small-scale energy]. *Energy security and small-scale energy. 21st century: all-Russian scientific and technical conference*. St. Petersburg: RAPSME, RENTOE, 2002. 412 p. (In Russ.)

10. Khare V., Nema S., Baredar P. Solar-wind hybrid renewable energy system: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 58. Pp. 23–33. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.223

11. Energy Security. How the United States uses and produces energy is a national security issue. Available at: <https://www.americansecurityproject.org/issues/energy-security/>

12. Heier S. Wind Energy Conversion Systems, in Grid Integration of Wind Energy: Onshore and Offshore Conversion Systems. Chichester (UK): John Wiley&Sons, Ltd, 2014. 494 p.

13. Weiland P. Impact of competition claims for food and energy on German biogas production. Ludlow: IEA Bioenergy Seminar, 2008. 19 p.

14. Lyubimova E.V. Renewable power sources of Siberia: the reached and prospects. *Economics and Sociology*. 2018. No. 1. Pp. 250–270. (In Russ.). DOI: 10.15372/REG20180112

15. Nikolaevskaya K.N. The development of renewable sources of electricity production in order to reduce of energy shortage Republic of Crimea. *Nauka-rastudent.ru*. 2015. No. 6. Pp. 8. (In Russ.)

16. Gubanova L.V., Koscheeva G.S. On the issue of the development of the solar power generation in the South of the Tyumen region. *Ekologicheskii Monitoring i Bioraznoobrazie = Environmental Monitoring and Biodiversity*. 2016. No. 2. Pp. 64–68. (In Russ.)

17. Padalko L.P., Zaborovsky A.M. Technical and economic prerequisites for the development of wind power. *Energetika i TEK*. 2006. No. 10. Pp. 18–22. (In Russ.)

18. Kondakov A.M. Alternative energy sources. Moscow: Priva, 2006. 185 p. (In Russ.)

19. Kondrakov O.V., Kondrakov I.V. Vozmozhnosti ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v sel'skom khozyaistve [Opportunities of use of renewable energy sources in agriculture]. *Directions for improving the strategic competitiveness of the agricultural sector: proceedings of the international scientific and practical conference*. Tambov: Izdatel'skii dom «Derzhavinskii», 2018. Pp. 282–287. (In Russ.)

20. Bezrukikh P.P., Arbuzov Yu.D., Borisov G.A. Resources and efficiency of use of renewable energy in Russia. St. Petersburg: Nauka, 2007. Pp. 158–159. (In Russ.)

21. Sibikin Yu.D., Sibikin M.Yu. Non-traditional and renewable sources of energy. Moscow: KNORUS, 2010. 232 p. (In Russ.)

22. Tsyganov A.R., Klochkov A.V. Bioenergy: energy potential of biomass. Minsk: Belaruskaya navuka, 2012. 143 p. (In Russ.)

---

#### Информация об авторах / Information about the authors

**Кондраков Олег Викторович** – канд. экон. наук, доцент, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, spartak\_04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4657-681X>, 302000, Тамбов, Комсомольская пл., д. 5

**Кондраков Игорь Викторович** – Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, kondrakoff@bk.ru, 302000, Тамбов, Комсомольская пл., д. 5

**Oleg V. Kondrakov** – PhD (Econ.), Associate professor, Derzhavin Tambov State University, spartak\_04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4657-681X>, 5 Komsomolskaya Ploshchad, Tambov 302000, Russia

**Igor V. Kondrakov** – Derzhavin Tambov State University, kondrakoff@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4657-681X>, 5 Komsomolskaya Ploshchad, Tambov 302000, Russia

*Поступила в редакцию: 24.06.2020; после доработки: 26.11.2020; принята к публикации: 27.11.2020*