Tibirkov Aleksander Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru.
Belenkov Aleksey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, consultant at the National Federal Center for Feed Production and Agroecology named after V. R. Williams (Russian Federation, 141055, Moscow region, Lobnya, Nauchny Gorodok str., building 1), e-mail: belenokaleksis@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY FACILITIES AS PART OF THE TRANSITION TO AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY IN THE AGRARIAN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Kirichenko A. S., Kirichenko E. V.

Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kir89ann@gmail.com

Received 31.10.2023 Submitted 28.11.2023

This research was funded by the Russian Science Foundation and Kuban Science Foundation, grant number 22-28-20298

Summary

The legislative and investment initiatives of agrarian regions of the Russian Federation occupying the top lines of the investment rating in the field of renewable energy were analyzed to select the practices that should be adopted by less successful regions.

Abstract

Introduction. The introduction of renewable energy power plants into regional energy systems is an important stage in the implementation of Russian energy strategy for the period until 2030, however, not all regions are successful in this task. Some of Russian agricultural regions are more successful than others at integrating renewable energy into their energy system. Agrarian regions that have rich climatic potential but that are not included in the lists of leaders in the field of renewable energy sources, such as, for example, the Krasnodar region, can borrow successful experience in introduction of regional economic programs to support renewable energy sources and in their legal support. In order to adopt the experience and best practices of the regions of the Russian Federation most successful in introduction of installations based on renewable energy sources into their energy balance it is necessary to determine in which aspects of the introduction of renewable energy sources into their energy balance these regions have succeeded. **Object.** Renewable energy power plants as an element of the regional energy system. **Materials and methods.** Methods of statistical processing, fundamentals of electrical engineering and energetics were used when conducting research and making calculations. For the purposes of the study, seven agricultural regions occupying the top lines of the RREDA ranking were selected, namely Krasnodar region, Rostov region, Stavropol region, Astrakhan region, Republic of Kalmykia, Volgograd region and Orenburg region. To borrow the experience and best practices of the regions of the Russian Federation that most successfully implement installations based on renewable energy sources into their energy balance, the following assessment criteria were identified: renewable energy potential of the region, installed capacity of renewable energy equipment, share of renewable energy sources in fulfillment of regional demand, energy generated per 1 MW of installed capacity. **Results and conclusions.** Based on the criteria chosen in the methodology, we should highlight Republic of Kalmykia, in which it was possible to use the high potential of renewable energy resources to bring the region from a deep energy deficiency to energy neutrality, and Stavropol region, in which, under less favorable climatic conditions, it was possible to achieve high energy generation per 1 MW of installed capacity and the largest energy production from renewable energy installations among the regions.

Keywords: *renewable energy sources, regional energy systems, energy balance, energy potential, energy legislation, energy-efficient economy.*

Citation. Kirichenko A. S., Kirichenko E. V. Assessment of the effectiveness of the introduction of renewable energy facilities as part of the transition to an energy-efficient economy in the agrarian regions of the Russian Federation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2024. 1(73). 312-321 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35.
Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 338.43:621.31

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РАМКАХ ПЕРЕХОДА К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИКЕ В АГРАРНЫХ СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кириченко А. С., *кандидат технических наук, доцент*
Кириченко Е. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-28-20298

Актуальность. Задача внедрения энергоустановок на основе возобновляемых источников в региональные энергосистемы является важным этапом реализации энергетической стратегии России на период до 2030 года, однако не все регионы успешно справляются с этой задачей. Некоторые из аграрных регионов России лучше других осуществляют внедрение возобновляемой энергетики в свою энергетическую систему. Аграрные регионы, обладающие богатым климатическим потенциалом, но не входящие в перечни лидирующих в области ВИЭ, такие, например, как Краснодарский край, могут заимствовать успешный опыт внедрения региональных экономических программ поддержки ВИЭ и их правового сопровождения. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, необходимо определить, в каких именно аспектах внедрения возобновляемых источников энергии в свой энергетический баланс преуспели эти регионы. **Цель исследования**. Повышение вовлеченности ВИЭ в энергосистемы регионов. **Объект исследования.** Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии как элемент региональной энергосистемы. **Материалы и методы.** При проведении исследований и расчётов использовались методы статистической обработки, основ электротехники и энергетики. Для целей исследования были выбраны семь аграрных регионов, занимающих верхние строчки рейтинга АРВЭ: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Астраханская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область и Оренбургская область. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, были выделены следующие критерии оценки: потенциал возобновляемой энергетики региона, установленная мощность оборудования возобновляемой энергетики, доля ВИЭ в покрытии нужд региона, производство энергии с 1 МВт установленной мощности. **Результаты и выводы.** Исходя из выбранных в методике критериев следует выделить Республику Калмыкия, в которой удалось использовать высокий потенциал энергетических ресурсов для выведения региона из глубокого энергодефицита в энергетическую нейтральность, и Ставропольский край, в котором при менее благоприятных климатических условиях получилось достичь высокой выработки энергии с 1 МВт установленной мощности и наибольшей среди регионов выработкой энергии от установок возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: *возобновляемые источники энергии, региональные энергосистемы, энергетический баланс, энергетический потенциал, энергетическое законодательство, энергоэффективная экономика.*

Цитирование. Кириченко А. С., Кириченко Е. В. Оценка результативности внедрения объектов возобновляемой энергетики в рамках перехода к энергоэффективной экономике в аграрных субъектах Российской Федерации. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 312-321. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-35.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В регионах Российской Федерации за несколько последних десятилетий сложилась обусловленная несколькими факторами связь между темпами развития сельского хозяйства и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Некоторые из аграрных регионов России лучше других осуществляют внедрение возобновляемой энергетики в свою энергетическую систему. В то же время анализ успешности внедрения возобновляемой энергетики на уровне государств гораздо более распространен, чем исследования на уровне регионов [1]. Успешность внедрения возобновляемой энергетики в ре-

гионе связана с его климатическим потенциалом, что учитывается при определении оптимального места размещения генерирующего оборудования [2, 3]. При этом климатический потенциал регионов не всегда прямо коррелирует с их положением в различных рейтингах оценки эффективности использования ВИЭ. На это также влияют и социальные факторы [4, 5], включая спрос на распределенную генерацию, которую проще всего осуществлять именно через возобновляемую энергетику [6]. Но, как уже было отмечено, такой запрос существует в каждом из аграрных регионов.

Ключевыми факторами, влияющими на эффективность использования ВИЭ в регионах с сопоставимым климатическим потенциалом, являются правовые и организационные механизмы, а также меры, предпринимаемые руководством региона для повышения экономической привлекательности использования ВИЭ. Аграрные регионы, обладающие богатым климатическим потенциалом, но не входящие в перечни лидирующих в области ВИЭ, такие, например, как Краснодарский край, могут заимствовать успешный опыт внедрения региональных экономических программ поддержки ВИЭ и их правового сопровождения.

Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, необходимо достоверно определить, какие именно это регионы. На сегодняшний день для этого не сформировано единой универсальной методики, которая была бы закреплена нормативно или единогласно признана научным сообществом, поэтому вопросы количественной оценки эффективности внедрения энергоустановок на основе ВИЭ и мероприятий по повышению энергоэффективности до сих пор остаются дискуссионными как в научной литературе, так в бизнес-сообществе [7].

Важным источником информации являются инвестиционные рейтинги в области ВИЭ, составленные Ассоциацией развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) [8]. Однако инвестиционный рейтинг выполняет более широкую задачу, чем определение эффективности использования ВИЭ потенциала, и включает в себя ряд избыточных для этой цели показателей, таких как оценка подготовки кадров в региональных вузах, количество упоминания ВИЭ в региональных СМИ и выступления официальных публичных лиц на мероприятиях. Представляется более целесообразным ограничиться параметрами, непосредственно касающимися энергетического баланса и экономического аспекта использования ВИЭ для субъектов Российской Федерации.

Цель исследования – повышение вовлеченности ВИЭ в энергосистемы регионов.

Объект исследования: энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии, как элемент региональной энергосистемы.

Методика исследования. Для целей исследования были выбраны семь аграрных регионов, занимающих верхние строчки рейтинга АРВЭ: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Астраханская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область и Оренбургская область.

Для определения исходных условий регионов для энергетической оценки были использованы два параметра: потенциал возобновляемых источников энергии и энергодостаточность.

Для анализа потенциала возобновляемых источников энергии были использованы данные валового потенциала из нескольких источников: для солнечных, ветровых и геотермальных ресурсов – с карт ГИС ВИЭ (Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии России», https://gisre.ru/). Существуют различные методы оценки климатических потенциалов [9, 10], но в исследовании [11], посвященном анализу потенциала возобновляемых источников энергии в Алжире, указывается, что карты ГИС ВИЭ являются наиболее часто используемым источником информации о технических потенциалах, примерами являются работы [12, 13]. Гидроэнергетические ресурсы малых ГЭС для регионов были получены из справочника Гидроэнергетические ресурсы (Вознесенский А. Н. Энергетические ресурсы СССР. Гидроэнергетические ресурсы. М.: Наука, 1967. 600 с.). При необходимости дальнейшей актуализации гидрологических данных могут быть использованы описанные в работе [14] методы картирования с использованием беспилотных летательных аппаратов или спутниковых данных. Потенциал биоэнергетических ресурсов был по-

лучен по данным Росстата (Федеральная служба государственной статистики. Поголовье скота в хозяйствах всех категорий в 2021 году». https://rosstat.gov.ru/storage/ mediabank/ pog_skot_2021.xls; ЕМИСС Государственная Статистика. Посевные площади сельскохозяйственных культур. https://fedstat.ru/indicator/31328), исходя из площади сельскохозяйственных угодий и поголовья скота. Метод оценки регионального потенциала энергии, получаемой из биогаза, в условиях неполноты региональных баз данных приведен в работе [15] на примере Индии. Полученные величины потенциала сравнивались со средним по России и среди рассматриваемых регионов значением, после чего получали описание в словесной форме: «ниже среднего», «среднее», «выше среднего». Энергодостаточность взята по данным РИА Рейтинг за 2021 год (РИА Рейтинг. Рейтинг регионов по уровню энергодостаточности, https://riarating.ru/regions/20220315/630218945.html).

Энергетические параметры сравнивались по нескольким показателям: установленная мощность энергоустановок на основе ВИЭ, доля установок на основе ВИЭ в общей установленной мощности, производство энергии с использованием ВИЭ, доля ВИЭ в производстве энергии, доля ВИЭ в покрытии потребности региона в энергии. Исходными данными для получения актуальной информации по объемам установленной мощности являются данные Системного оператора Единой энергетической системы России (СО ЕЭС России: Информационные обзоры. https://www.so-ups.ru/functioning/ups/ups-review/ups-review22/).

В данном исследовании для определения установленной мощности и выработки энергии от ВИЭ учитывались только энергостанции, удовлетворяющие условиям для участия в конкурентном отборе мощности и заключение договора о предоставлении мощности в рамках государственного механизма стимулирования развития возобновляемой энергетики (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 № 1-р «Об утверждении Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009, № 4, ст. 515.):

– объем установленной мощности должен составлять не менее 5 МВт, а для объектов гидроэнергетики – от 5 до 25 МВт;

– уровень локализации должен составлять от 40 до 70% в зависимости от вида ВИЭ;

– соответствие базовой предельной величине капитальных затрат в расчете на 1 кВт установленной мощности генерирующего объекта.

Что касается оценки экономического эффекта, то здесь объективным будет оценить прирост установленной мощности за полученное финансирование по региональной программе поддержки ВИЭ. Для этого определим средства, выделенные из бюджета региона за последние 5 лет и установленную мощность, введенного в эксплуатацию за эти годы оборудования энергоустановок на основе ВИЭ. Исходными данными для экономической оценки являются региональные программы повышения энергетической эффективности (Государственная программа Ростовской области «Энергоэффективность и развитие энергетики». https://www.donland.ru/activity/1446/#otc, Государственная программа Ставропольского края «Развитие энергетики, промышленности и связи». https://docs.cntd.ru/document/550308480?marker, Государственная программа Астраханской области «Улучшение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг на территории Астраханской области». https://docs.cntd.ru/document/412718343?marker, Государственная программа Республики Калмыкия «Повышение качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, развитие инфраструктуры жилищно-коммунального комплекса Республики Калмыкия». https://docs.cntd.ru/document/550280485?marker, Государственная программа Волгоградской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Волгоградской области». https://docs.cntd.ru/document/423907054, Государственная программа Оренбургской области «Развитие промышленности, обеспечение энергосбережения и повышение энергетической эффективности Оренбургской области». https://docs.cntd.ru/document/574615631?marker, Государственная программа Краснодарского края «Развитие топливно-энергетического комплекса» https://docs. cntd. ru/ document/430643125) и данные СО ЕЭС.

Результаты и их обсуждения. Рассмотрим благоприятность условий окружающей среды выбранных регионов. Все рассматриваемые регионы обладают высоким потенциалом ресурсов возобновляемой энергетики, превышающим средний по стране уровень. Сравнение регионов по двум основным видам ресурсов: солнечному и ветровому потенциалу, а также по суммарному потенциалу всех видов ВИЭ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Потенциал энергетики на основе ВИЭ среди ведущих в области ВИЭ аграрных регионов
Table 1 – Energy potential of renewable energy sources of the agricultural regions top ranked in the field of renewable energy sources

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Потенциал солнечной энергетики / The Potential of Solar Energy	Потенциал ветровой энергетики / Wind Energy Potential	Потенциал энергетики на основе ВИЭ / Potential of energy based on renewable energy sources
1	Астраханская область / Astrakhan Region	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average
2	Волгоградская область / Volgograd Region	Ниже среднего / Below the average	Выше среднего / Above the average	Выше среднего / Above the average
3	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	Среднее / Average	Среднее / Average	Выше среднего / Above the average
4	Оренбургская область / Orenburg Region	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average	Среднее / Average
5	Ростовская область / Rostov Region	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average	Среднее / Average
6	Краснодарский край / Krasnodar Region	Выше среднего / Above the average	Ниже среднего / Below the average	Среднее / Average
7	Ставропольский край / Stavropol Region	Среднее / Average	Ниже среднего / Below the average	Ниже среднего / Below the average

Солнечная и ветровая энергетика были выбраны по той причине, что именно эти два вида установок производят большую часть энергии, производимой установками ВИЭ мощностью более 5 МВт, а для объектов гидроэнергетики – от 5 до 25 МВт. Объекты гидроэнергетики большей мощности способны производить и большие количества энергии [16], однако не все классификации относят такие установки к возобновляемой энергетике.

Разность производства и потребления энергии в регионах показывает, насколько высока энергетическая безопасность региона, баланс производства и потребления энергии приведен на рисунке 1.

Как видно из рисунка, к энергодефицитным регионам относятся Краснодарский край, чье производство энергии вдвое меньше, чем потребление; Оренбургская и Волгоградская области. Положение, близкое к энергетической нейтральности, достигнуто в двух регионах: Астраханская области и республика Калмыкия. К энергопрофицитным относятся Ставропольский край и Ростовская область, последняя при этом является крупнейшим поставщиком электроэнергии на Юге России.

Для аграрных регионов, активно внедряющих ВИЭ, доля установок возобновляемой энергетики для получения тепловой энергии незначительна и составляет менее 1%. Этот вывод можно сделать, проанализировав данные карты объектов ВИЭ России (Геоинфор-

мационная система «Возобновляемые источники энергии России». https://gisre.ru/). Поэтому дальнейший анализ объемов использования ВИЭ и их доли в общем энергетическом балансе проводился только в рамках генерации электроэнергии.

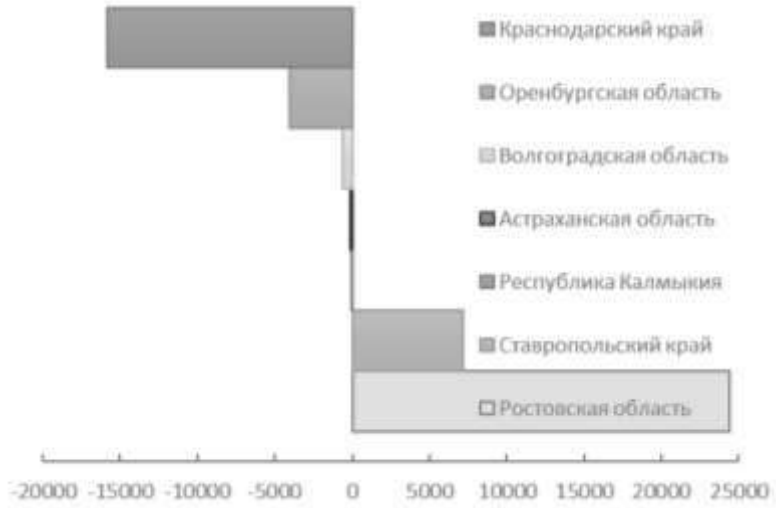

Рисунок 1 – Энергетический баланс ведущих в области ВИЭ аграрных регионов, млн.кВт·ч/год
Figure 1 – Energy balance of agricultural regions top ranked in the field of renewable energy sources, million kWh/year

Установленная мощность объектов возобновляемой энергетики и ее доля в общей установленной мощности энергостанций региона является одним из самых популярных способов оценки успешности реализации проектов ВИЭ. Доля выбранных регионов по состоянию на 2021 год приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Установленная мощность энергоустановок регионов и доля ВИЭ в установленной мощности
Table 2 – Installed capacity of power plants in the regions and the share of renewable energy power plants in the installed capacity

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Установленная мощность электростанций / Installed capacity of power plants	Установленная мощность ВИЭ / Installed capacity of renewable energy sources	Доля ВИЭ в установленной мощности электростанций / Share of renewable energy sources in the installed capacity of power plants
		МВт / Mw	МВт / Mw	%
1	Ставропольский край / Stavropol Region	4506,5	632,7	14
2	Астраханская область / Astrakhan Region	1029,3	625,2	60,7
3	Ростовская область / Rostov Region	7545,7	607,3	8
4	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	431	413,1	95,8
5	Оренбургская область / Orenburg Region	3947,5	345	8,7
6	Волгоградская область / Volgograd Region	4258	208,2	4,9
9	Краснодарский край / Krasnodar Region	1025	21,6	2,1

На первое место выходит Ставропольский край, при этом доля ВИЭ в его балансе мощностей составляет всего 14%. В то же время в некоторых регионах с меньшей установленной мощностью оборудования, например в республике Калмыкия, процент включения

ВИЭ значительно выше. При этом регион может являться энергодефицитным и не покрывать своих нужд за счет установленной мощности энергостанций. В результате данный способ оценки представляется недостаточно объективным, так как он в полной мере не показывает ни эффективности использования ВИЭ, ни обеспечения нужд региона энергией.

Другим способом оценки является сравнение величин производства энергии от всех энергоустановок и от установок ВИЭ, а также от потребления энергии, которые приведены в таблице 3 в актуальных на 2021 год величинах, такое сравнение позволяет сопоставить выработку энергии от ВИЭ с нуждами региона.

Таблица 3 – Доля ВИЭ в балансе производства и потребления энергии
Table 3 – Share of renewable energy sources in the balance of energy production and consumption

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Производство энергии / Energy Production	Производство энергии ВИЭ / Renewable energy production	Потребление энергии / Energy consumption	Доля ВИЭ в производстве энергии / Share of renewable energy sources in energy production	Доля ВИЭ от потребленной энергии / Share of renewable energy sources in energy consumption
		млн. кВт·ч /год / million kWh/year	млн. кВт·ч /год / million kWh/year	млн. кВт·ч /год / million kWh/year	%	%
1	Ставропольский край / Stavropol Region	18167	1500	11031	8,26	13,60
2	Ростовская область / Rostov Region	44317	1300	19873	2,93	6,54
3	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	832	723	859	86,91	84,13
4	Астраханская область / Astrakhan Region	10291	166,3	26137	5,31	2,09
5	Оренбургская область / Orenburg Region	4082	465	4226	11,39	11,00
6	Краснодарский край / Krasnodar Region	11970	166,3	16003	1,62	0,64
7	Волгоградская область / Volgograd Region	15777	182	16367	1,15	1,11

Как видно из таблицы, Ставропольский край является лидером по выработке энергии от ВИЭ, однако это закрывает менее 15% его потребностей. Калмыкия же, наоборот, при не самой высокой выработке энергии закрывает почти 85% своих потребностей.

Оценивая эффективность использования потенциала ВИЭ, следует упомянуть выработку энергии с 1МВт установленной мощности (таблица 4) как показателя того, насколько правильно подобраны установки и их режим работы.

Таблица 4 – Выработка энергии с 1 МВт установленной мощности ВИЭ, млн.кВт*ч/год
Table 4 – Energy generation per 1 MW of installed capacity of renewable energy power plants, million kWh/year

Краснодарский край / Krasnodar Region	Ставропольский край / Stavropol Region	Ростовская область / Rostov Region	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	Оренбургская область / Orenburg Region	Волгоградская область / Volgograd Region	Астраханская область / Astrakhan Region
7,7	2,4	2,1	1,8	1,3	0,9	0,7

Однако следует учитывать, что на этот показатель влияет и вид установки, что иллюстрируется показателями Краснодарского края, где энергия вырабатывается за счет малых ГЭС с высоким относительно солнечных и ветровых станций КПД, достигающим 80%, и практически не зависящих от сезонных климатических изменений, поэтому его опыт может быть применен только в регионах с большим количеством горных рек. Среди остальных регионов наиболее эффективно использует свой потенциал Ставропольский край, который, несмотря на более низкий приход солнечной радиации и мощность ветров, получил более высокую удельную выработку энергии, чем более благоприятные регионы.

Оценим региональные вложения на 1МВт установленной мощности введенных за последние 5 лет энергоустановок возобновляемой энергетики (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели региональных программ с мероприятиями по поддержке возобновляемой энергетики 2017-2021
Table 5 – Indicators of regional programs with activities to support renewable energy 2017-2021

№ п/п	Наименование региона / Name of the region	Бюджет программы, тыс. руб. / Program budget, thousand rubles	Бюджет подпрограммы, тыс. руб. / Subprogram budget, thousand rubles	Объем введения генерирующих мощностей на основе ВИЭ / Volume of commissioning of generating capacities based on renewable energy sources	Затраты на 1 МВт генерирующих мощностей на основе ВИЭ / Costs per 1 MW of renewable energy generating capacity
				мВт / MW	тыс. руб. / thousand rubles
1	Оренбургская область / Orenburg Region	189463,3	2300	120	19,16
2	Астраханская область / Astrakhan Region	13431277,66	1647972,54	475	3469,41
3	Ставропольский край / Stavropol Region	113942072,4	3661216,52	55	66567,57
4	Волгоградская область / Volgograd Region	24440216,46	21635237,83	198	109268,87
5	Ростовская область / Rostov Region	104839987	73670774,7	607	121368,65
6	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	1372970,1	Нет / No	428	Нет / No
7	Краснодарский край / Krasnodar Region	6054546	Нет / No	0	Нет / No

Финансирование региональных программ, направленных на развитие энергосбережения и внедрения возобновляемой энергетики, осуществляется за счет средств федерального бюджета, регионального бюджета, местных бюджетов и внебюджетных источников, при этом основную долю занимают именно внебюджетные источники. Однако для Оренбургской области в региональной программе «Развитие промышленности, обеспечение энергосбережения и повышение энергетической эффективности Оренбургской области» указаны только средства регионального бюджета, что делает показатель Затраты на 1 МВт генерирующих мощностей на основе ВИЭ не объективным. Что же касается нижних строчек, в бюджете Республики Калмыкия не указано финансирование проектов возобновляемой энергетики, а в Краснодарском крае в первой редакции региональной программы мероприятия, направленные на поддержку возобновляемой энергетики, были указаны, однако из последующих редакций они были удалены.

Выводы. Для заимствования опыта и лучших практик субъектов Российской Федерации, наиболее успешно внедряющих в свой энергетический баланс установки, основанные на возобновляемых источниках энергии, были выделены следующие критерии оценки: потенциал возобновляемой энергетики региона, установленная мощность оборудования возобновляемой

энергетики, доля ВИЭ в покрытии нужд региона, производство энергии с 1 МВт установленной мощности. Исходя из этих критериев следует выделить Республику Калмыкия, в которой удалось использовать высокий потенциал энергетических ресурсов для выведения региона из глубокого энергодефицита в энергетическую нейтральность и Ставропольский край, в котором при менее благоприятных климатических условиях получилось достичь высокой выработки энергии с 1 МВт установленной мощности и наибольшей среди регионов выработки энергии от установок возобновляемой энергетики.

Conclusions. To borrow the experience and best practices of the regions of the Russian Federation which are the most successful in implementation of installations based on renewable energy sources into their energy balance, the following assessment criteria were identified: renewable energy potential of the region, installed capacity of renewable energy equipment, share of renewable energy in fulfillment of regional demand, energy generation per 1 MW of installed capacity. Based on these criteria, Republic of Kalmykia, in which it was possible to use the high potential of renewable energy resources to bring the region from deep energy deficit to energy neutrality, and Stavropol region, in which, under less favorable climatic conditions, it was possible to achieve high energy generation per 1 MW of installed capacity and the largest energy generation from renewable energy installations among the regions, should be highlighted.

Библиографический список

1. Igliński B., et al. The regional energy transformation in the context of renewable energy sources potential. Renewable Energy. 2023. V. 218. P. 119246.

2. Clarke J. A., McGhee R., Svehla K. Opportunity mapping for urban scale renewable energy generation. Renewable Energy. 2020. V. 162. Pp. 779-787.

3. Nadizadeh Shorabeh S., et al. Potential assessment of multi-renewable energy farms establishment using spatial multi-criteria decision analysis: A case study and mapping in Iran. Journal of Cleaner Production. 2021. V. 295. P. 126318.

4. Feng G.-F., Zheng M. Economic policy uncertainty and renewable energy innovation: International evidence. Innovation and Green Development. 2022. V. 1. No 2. P. 100010.

5. Zhao X., et al. Effect of geopolitical risk and economic uncertainty indices on renewable energy. Geoscience Frontiers. 2023. P. 101655.

6. Somoye O. A. Energy crisis and renewable energy potentials in Nigeria: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. V. 188. P. 113794.

7. Ратнер С. В. и др. Оценка результативности мер государственной поддержки возобновляемой энергетики и энергоэффективной экономики: обзор подходов. Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 8. С. 1428–1447.

8. Регионы «зеленого» роста. Энергетика и промышленность России. 2021. № 11–12. С. 415-416.

9. Ferreira M. M., et al. A new index to evaluate renewable energy potential: A case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil. Renewable Energy. 2023. V. 217. P. 119182.

10. Kim G., Hur J. A probabilistic approach to potential estimation of renewable energy resources based on augmented spatial interpolation. Energy. 2023. V. 263. Part A. P. 125582.

11. Diaz-Cuevas P., Haddad B., Fernandez-Nunez M. Energy for the future: Planning and mapping renewable energy. The case of Algeria. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2021. V. 47. P. 101445.

12. Kwartnik-Pruc A., Mączyńska A. Assessing validity of employing surveying methods to capture data on topography to determine hydrological and topographic parameters essential for selecting locations for the construction of small hydropower plants. Energies. 2022. V. 15. No 4. P. 1527.

13. Singh P., Kalamdhad A. S. A comprehensive assessment of state-wise biogas potential and its utilization in India. Biomass Conversion and Biorefinery. 2021. V. 13. Pp. 12557-12579.

14. Mitra M., Singha N. R., Chattopadhyay P. K. Review on renewable energy potential and capacities of South Asian countries influencing sustainable environment: A comparative assessment. Sustainable Energy Technologies and Assessment. 2023. V. 57. Pp. 103295.

15. Moscoloni C., et al. Wind turbines and rooftop photovoltaic technical potential assessment: Application to Sicilian minor islands. Energies. V. 15. No 15. P. 5548.

16. Vasudevan V., Gundabattini E., Darius Gnanaraj S. Geographical information system (GIS)-based solar photovoltaic farm site suitability using multi-criteria approach (MCA) in southern Tamilnadu, India. Journal of the Institution of Engineers (India): Series C. 2023.

References

1. Igliński B., et al. The regional energy transformation in the context of renewable energy sources potential. Renewable Energy. 2023. V. 218. P. 119246.

2. Clarke J. A., McGhee R., Svehla K. Opportunity mapping for urban scale renewable energy generation. Renewable Energy. 2020. V. 162. Pp. 779-787.

3. Nadizadeh Shorabeh S., et al. Potential assessment of multi-renewable energy farms establishment using spatial multi-criteria decision analysis: A case study and mapping in Iran. Journal of Cleaner Production. 2021. V. 295. P. 126318.

4. Feng G.-F., Zheng M. Economic policy uncertainty and renewable energy innovation: International evidence. Innovation and Green Development. 2022. V. 1. No 2. P. 100010.

5. Zhao X., et al. Effect of geopolitical risk and economic uncertainty indices on renewable energy. Geoscience Frontiers. 2023. P. 101655.
6. Somoye O. A. Energy crisis and renewable energy potentials in Nigeria: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. V. 188. P. 113794.
7. Ratner S. V., et al. Assessing the effectiveness of government support measures for renewable energy and energy-efficient economy: a review of approaches. Economic analysis: theory and practice. 2019. V. 18. No 8. Pp. 1428–1447.
8. Regions of “green” growth. Energetics and industry of Russia. 2021. No 11–12. Pp. 415-416.
9. Ferreira M. M., et al. A new index to evaluate renewable energy potential: A case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil. Renewable Energy. 2023. V. 217. P. 119182.
10. Kim G., Hur J. A probabilistic approach to potential estimation of renewable energy resources based on augmented spatial interpolation. Energy. 2023. V. 263. Part A. P. 125582.
11. Diaz-Cuevas P., Haddad B., Fernandez-Nunez M. Energy for the future: Planning and mapping renewable energy. The case of Algeria. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2021. V. 47. P. 101445.
12. Kwartnik-Pruc A., Mączyńska A. Assessing validity of employing surveying methods to capture data on topography to determine hydrological and topographic parameters essential for selecting locations for the construction of small hydropower plants. Energies. 2022. V. 15. No 4. P. 1527.
13. Singh P., Kalamdhad A. S. A comprehensive assessment of state-wise biogas potential and its utilization in India. Biomass Conversion and Biorefinery. 2021. V. 13. Pp. 12557-12579.
14. Mitra M., Singha N. R., Chattopadhyay P. K. Review on renewable energy potential and capacities of South Asian countries influencing sustainable environment: A comparative assessment. Sustainable Energy Technologies and Assessment. 2023. V. 57. Pp. 103295.
15. Moscoloni C., et al. Wind turbines and rooftop photovoltaic technical potential assessment: Application to Sicilian minor islands. Energies. V. 15. No 15. P. 5548.
16. Vasudevan V., Gundabattini E., Darius Gnanaraj S. Geographical information system (GIS)-based solar photovoltaic farm site suitability using multi-criteria approach (MCA) in southern Tamilnadu, India. Journal of the Institution of Engineers (India): Series C. 2023.

Информация об авторах
Кириченко Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: kir89ann@gmail.com
Кириченко Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры «Государственного и международного права», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: lbcs@yandex.ru
Author’s Information
Kirichenko Anna Sergeyevna, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: kir89ann@gmail.com.
Kirichenko Evgeny Vladimirovich, senior lecturer of the Department of Public and International Law of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin» (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: lbcs@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36

TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS BY ACOUSTIC SIGNALS

Lepikhova V. A., Lyashenko N. V.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)
Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: odejnaya@rambler.ru

Received 29.11.2023 Submitted 19.12.2023

Summary
The article presents the results of determining the humus content in the studied soil samples. Obtaining the results was based on processing phonograms with subsequent decomposition of the acoustic signal into a Fourier spectrum. The obtained spectrum was processed by the method of pattern recognition with division into classes corresponding to the proportion of humus content in the soil.

Abstract
Introduction. Obtaining a stable harvest in agricultural fields of the agroindustrial complex is inextricably linked with the annual agrochemical analysis of soils. One of the indicators of soil quality is the content of humus in the arable layer. The development of an express analysis to determine the humus content in the analyzed layers of soils is the purpose of this research. At this stage of research, the task is to analyze the acoustic absorption signal and select the necessary number of factors that allow recognizing the structure of an object according to the accepted classification scale. **Object.** The ob-