



DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-511-523

УДК 621.311:631.371

Научная статья / Research article

## Отходы зерновых Краснодарского края как местный ресурс тепловой энергии

Т.И. Андреевко  , С.В. Киселева , Ю.Ю. Рафикова 

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация*

 [tanyandr00@mail.ru](mailto:tanyandr00@mail.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты оценки энергopotенциала отходов зерновых в границах муниципальных образований Краснодарского края. Валовой и технический потенциал отходов зерновых (соломы), рассчитанные по авторским методам, соотнесены с потребностями населения исследуемого региона в тепловой энергии. Полученные результаты показывают значительную величину технического теплотенциала для многих муниципальных образований края. Пространственное распределение, полученное при помощи геоинформационных технологий, позволяет определить наиболее перспективные районы для использования отходов зерновых в целях производства тепловой энергии. Также проведена оценка перспектив замещения энергией из соломы таких видов традиционного топлива, как каменный уголь, дизельное топливо, природный газ и топливный мазут. Рассчитан возможный экологический эффект от замещения углеводородного топлива для муниципальных округов Краснодарского края.

**Ключевые слова:** биоэнергетика, ресурсы, энергетический потенциал, органические отходы, зерновые

**Вклад авторов:** *Т.И. Андреевко, С.В. Киселева* – концепция исследований, расчеты, анализ данных и их интерпретация; *Ю.Ю. Рафикова* – анализ данных, создание картографического и графического материала.

**История статьи:** поступила в редакцию 15.06.2022; доработана после рецензирования 26.08.2022; принята к публикации 12.09.2022.

© Андреевко Т.И., Киселева С.В., Рафикова Ю.Ю., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Андреевко Т.И., Киселева С.В., Рафикова Ю.Ю. Отходы зерновых Краснодарского края как местный ресурс тепловой энергии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 4. С. 511–523. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-511-523>

## Cereals waste in the Krasnodar region as a local heat energy resource

Tatyana I. Andreenko  , Sophia V. Kiseleva , Yulia Yu. Rafikova 

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

 tanyandr00@mail.ru

**Abstract.** Presents the results of the cereals waste energy potential assessment for the municipalities of the Krasnodar region. The gross and technical potential of cereals waste (straw), calculated according to the author's methodology and correlated with the needs in thermal energy for the population of the studied region. The obtained results show a significant amount of technical heat potential for many municipalities of the region. The spatial distribution obtained with the help of geoinformation technologies makes it possible to determine the most promising areas for the use of cereals waste for the thermal energy production. Also assessed the prospects for replacing traditional fuels such as coal, diesel fuel, natural gas and heating oil with straw energy. The possible environmental effect from the replacement of hydrocarbon fuel for the municipal districts of the Krasnodar region was calculated.

**Keywords:** bioenergy, resources, energy potential, organic waste, grain

**Authors' contributions:** T.I. Andreenko, S.V. Kiseleva – research concept, calculations, data analysis and interpretation; Yu.Yu. Rafikova – data analysis, creation of cartographic and graphic material.

**Article history:** received 15.06.2022; revised 26.08.2022; accepted 12.09.2022.

**For citation:** Andreenko TI, Kiseleva SV, Rafikova YuYu. Cereals waste in the Krasnodar region as a local heat energy resource. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(4):511–523. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-511-523>

### Введение

В агропромышленном секторе Краснодарского края ведущей отраслью является растениеводство, огромные масштабы которого связаны с образованием значительного количества отходов. Утилизация послеуборочных остатков на полях представляет для сельхозпроизводителей давнюю проблему, требующую дополнительных материальных и трудовых затрат.

Согласно [1], сохраняется традиционное ежегодное сжигание стерни и пожнивных растительных остатков на полях, особенно в Центральном и Южном федеральных округах РФ, которые являются причиной порядка 30% лесных пожаров и источником выбросов черного углерода. Так же поступают во многих случаях с древесными отходами садов и виноградников, возникающими в результате необходимой технологической операции выращивания плодов и винограда – формирующих и санитарных обрезок деревьев и лозы.

Альтернативным способом утилизации растительных отходов является использование их в качестве топлива. Биоэнергетическая отрасль успешно развивается во многих странах мира, и в частности в Европейском Союзе. При этом для производства энергии масштабно используются отходы растениеводства, особенно соломы. Признанным лидером здесь является Дания. На ее территории функционируют более десяти тысяч фермерских котлов на соломе (мощностью 0,1–1,0 МВт) и 55 котельных в системе централизованного теплоснабжения (0,5–12 МВт). Кроме того, 8 теплоэлектростанций (ТЭС) (2–28 МВт) и 4 электростанции в качестве топлива совместно с соломой используют древесную щепу, твердые коммунальные отходы (ТКО) или ископаемые топлива (уголь, природный газ) [2]. Среди этих объектов – крупнейшая и одна из самых эффективных ТЭС на биотопливе (щепы, пеллеты, солома) в мире – Avedøre – общей мощностью 801 МВт электроэнергии и 915 МВт тепла [3]. В Великобритании эксплуатируется более 80 электростанций на биомассе общей мощностью более 4000 МВт [4]. В стране успешно эксплуатируются самые большие в мире ТЭС на соломе: Sleaford Renewable Energy Plant мощностью 38 МВт (с 2014 г.), Brigg Renewable Energy Plant и Snetterton Renewable Energy Plant – мощностью 40 МВт (с 2016 г.) и 44 МВт (с 2017 г.) соответственно. Практически во всех странах Европы производится и используется твердое биотопливо из растительных остатков в виде гранул и брикетов: в фермерских котлах малой мощности (~100кВт), в средних котельных в системе централизованного теплоснабжения (0,5–7 МВт) и на крупных теплоэлектростанциях (ТЭС/ТЭЦ).

Во всем мире энергетическое использование отходов биомассы рассматривается как оптимальная альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что растительные отходы (такие как древесные и солома) являются CO<sub>2</sub>-нейтральными, имеют низкое содержание серы, относятся к возобновляемым источникам энергии. Высокая теплотворная способность соломы определяет возможность использования ее для получения тепловой энергии, необходимой предприятиям, в виде горячей воды и воздуха, а также высокотехнологичного пара для производства электроэнергии. Однако для реализации энергетического потенциала соломы необходимо применение специальных топочных устройств, конструкции и технологические регламенты которых способны преодолеть ряд недостатков соломы как топлива, обусловленных ее химическим составом (наличие в соломе высоких концентраций натрия, калия и хлора):

- 1) низкая температура плавления золы, вызывающая шлакование стенок топки и нарушение процессов горения в топке, неполное сгорание топлива, определяющее значительное содержание оксидов азота и соединений хлора в продуктах сгорания;

- 2) высокое содержание летучих веществ обуславливает необходимость специальных требований к распределению и смешиванию воздуха, поступающего в зону горения топки, многоступенчатой очистки выхлопов сажи;

3) коррозия стальных элементов установок.

Конструктивные и технологические решения современных котлов для сжигания соломы преодолевают все недостатки соломы как теплоносителя, но эти усовершенствования приводят к удорожанию теплогенерирующих устройств. Соломенные котлы пока стоят дороже традиционных жидкотопливных или газовых [5].

Краснодарский край, который характеризуется высоким уровнем агропромышленного производства, сопровождающегося образованием значительных объемов органических отходов, является одним из наиболее перспективных регионов для внедрения технологий биоэнергетики в России. Большая плотность населения и значительный рекреационный потенциал его территорий определяют актуальность задачи эффективной утилизации отходов для решения как экологических, так и энергетических проблем. Прежде всего для определения перспектив развития биоэнергетики необходима оценка ее сырьевой базы – объемов и энергосодержания агробиомассы, которой располагает регион для производства энергии и тепла. Помимо этого, важным и актуальным является соотношение размеров потенциала биоэнергетики с реальными региональными потребностями населения, а также расчет экологического эффекта от использования данного вида биотоплива вместо традиционных видов топлив.

### Материалы и методы исследования

Использованные в данном исследовании подходы к проведению оценок были ранее изложены в [6] и развиты в работах авторов [7; 8]. Расчеты валового и технического энергетического потенциала биомассы проведены с детализацией отходов от выращивания отдельных видов сельскохозяйственных культур. Это связано с тем, что различные виды отходов отличаются нормами образования и удельным энергосодержанием.

Для определения энергии, заключенной в биомассе отходов, используются значения массы отходов и их удельного энергосодержания (низшей теплоты сгорания) в соответствии с видом биомассы. Масса ежегодно образующихся органических отходов растениеводства вида  $i$  ( $M_i$ ) рассчитывалась с использованием статистических данных о годовом урожае  $N_i$  и коэффициентов соотношения отходов и полезной части растения  $L_i$  (для отходов зерновых этот коэффициент был принят равным 1):

$$M_i = N_i L_i . \quad (1)$$

На основе определенной таким образом массы отходов энергетический потенциал рассчитывался как произведение массы отходов каждого вида на их удельное энергосодержание ( $K_i$ ) (для сухой соломы коэффициент составляет 3500):

$$Q_i^{\text{вал}} = M_i K_i . \quad (2)$$

Тогда суммарный валовой биоэнергетический потенциал рассматриваемой территории, учитывающий все виды органических отходов растениеводства (обозначены индексом  $i$ ), определяется как

$$Q^{\text{вал}} = \sum_{i=1}^n M_i K_i . \quad (3)$$

В расчетах были использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата), а именно ежегодные данные по валовому сбору урожая зерновых культур.

При расчете технического энергетического потенциала отходов, т.е. годового количества тепловой или электрической энергии, которая может быть получена с использованием современных доступных технологий, принимались следующие допущения: для получения тепловой энергии на биомассе отходов используется Мини-ТЭС с прямым сжиганием, для которой коэффициент преобразования энергии равен  $KП_T = 0,80$ , доля энергии на собственные нужды –  $CH_T = 0,14$ . При этом учитывались – помимо энергетических – другие направления использования отходов растениеводства, т.е. соломы: животноводство (подстилка для скота), запахивание в почву для повышения плодородия пашни и т.п. Предполагалось, что только 50% валового энергетического потенциала может быть преобразовано в технический тепловой потенциал. Тогда технический потенциал получения тепловой энергии из биомассы отходов зерновых выражается как

$$Q_{\text{зерновые}}^{\text{тех-тепло}} = Q_{\text{зерновые}}^{\text{вал}} KП_T (1 - CH_T) . \quad (4)$$

Для оценки потенциала замещения при использовании отходов сельского хозяйства в производстве тепловой энергии необходимы данные о потреблении тепловой энергии в регионе. Однако статистические данные на уровне субъектов и муниципалитетов по затратам тепловой энергии на теплообеспечение и горячее водоснабжение зачастую недоступны. В связи с этим в данной работе нами были проведены обобщенные оценки потребления тепловой энергии жилыми зданиями. При этом учитывались затраты тепла в помещениях на компенсацию трансмиссионных потерь, потерь на вентиляцию и горячее водоснабжение и принималось, что трансмиссионные потери составляют 35% от общих тепловых потерь.

Для оценки трансмиссионных потерь были использованы данные по удельным трансмиссионным потерям (УТП) для региона исследования (УТП для Краснодара составляют 165–190 кДж/м<sup>2</sup>·ГСОП) [9]. Для оценки градусо-суток за отопительный период (ГСОП) каждого региона были использованы данные ресурса РП5<sup>1</sup> и длительность отопительного периода по данным администраций или министерств энергетики регионов. Для оценки площади ограждающих поверхностей в жилищном фонде регионов были

<sup>1</sup> Расписание погоды РП5.ru. URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 10.02.2022).

использованы данные о численности сельского и городского населения, нормах жилой площади в городе, на селе и доле жилой площади, обеспеченной отоплением и горячим водоснабжением<sup>2</sup>.

При расчете энергии различных видов топлива, выраженной в тоннах условного топлива по угольному эквиваленту, использовались коэффициенты, представленные в работе [10].

## Результаты и их обсуждение

Возрастающее потребление энергии в промышленности, отсутствие достаточных энергетических мощностей в сельском хозяйстве и потребность в экологически чистой энергии в рекреационной сфере обуславливают необходимость использования возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. По данным экспертов «РИА Рейтинг», Краснодарский край является одним из наиболее энергодефицитных регионов, Российской Федерации. В рейтинге субъектов РФ по уровню энергодостаточности в 2017 г. Краснодарский край совместно с Республикой Адыгея вошел в тройку самых энергодефицитных регионов страны.

Краснодарский край — крупнейший регион России по производству зерна. В 2021 г. сбор урожая зерновых в крае составил более 15,5 млн т (в 2020 году – 12,5 млн т). При этом урожай озимой пшеницы – основной культуры, выращиваемой на Кубани, оказался максимально высоким (10,6 млн т) за всю историю региона<sup>3</sup>.

Территориальное распределение энергопотенциала зерновых отходов в Краснодарском крае представлено на рис. 1. Видно, что в соответствии с агроклиматическими условиями и типом почв наибольшим энергетическим потенциалом соломы обладают районы, расположенные на севере и в центральной части края (рис. 1а).

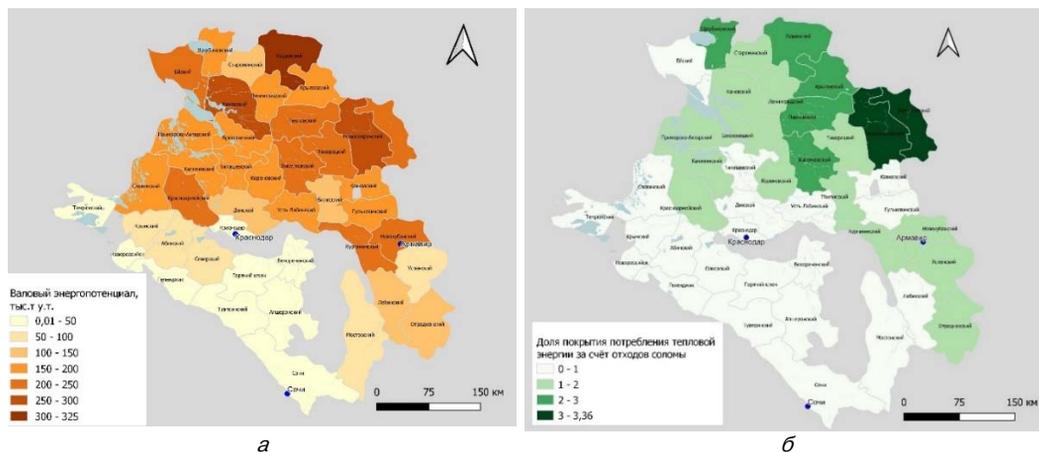
Около половины районов Краснодарского края имеют урожаи зерновых более 4 млн центнеров в год, что соответствует энергосодержанию отходов (соломы) свыше 170 тыс. т у.т./год для каждого из этих районов (табл. 1). Из них 7 районов собирают более 5 млн центнеров в год и 2 района – более 6 млн, что обеспечивает валовой энергопотенциал отходов более 213 и 298 тыс. т у.т./год соответственно.

Результаты расчетов, представленные в табл. 1, показывают, что отношение технического энергетического потенциала соломы (по тепловой энергии), получаемой ежегодно в Краснодарском крае, с учетом расходования ее и на другие хозяйственные нужды, к теплу, потребляемому населением края,

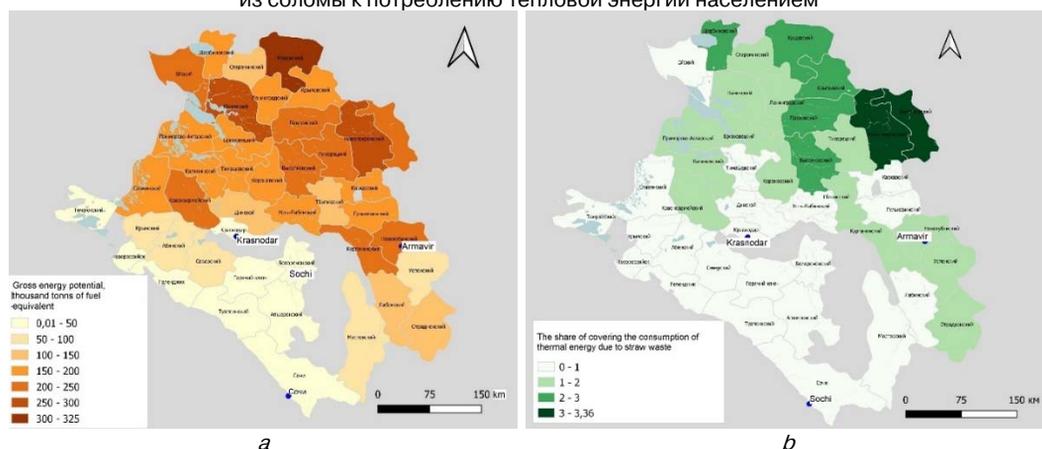
<sup>2</sup> Жилищное хозяйство России 2019. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13234> (дата обращения: 13.02.2022).

<sup>3</sup> ФГБУ «Центр агроаналитики». URL: <https://specagro.ru/news/202111/v-krasnodarskom-krae-namolocheno-bolee-15-mln-t-zernovykh-kolosovykh-i-zernobobovykh> (дата обращения: 20.03.2022).

составляет в среднем около 57 %. В 21 муниципальном районе Краснодарского края это отношение больше 100 %, что обеспечивает возможность полного покрытия потребности в теплоснабжении и горячем водообеспечении населения этих районов.



**Рис. 1. Пространственное распределение энергопотенциала из отходов зерновых для Краснодарского края:**  
*а* – валовой энергопотенциал; *б* – отношение технического потенциала тепловой энергии из соломы к потреблению тепловой энергии населением



**Figure 1. Spatial distribution of energy potential from cereals waste for the Krasnodar region:**  
*a* – gross energy potential; *b* – the ratio of the technical potential of thermal energy from straw to the consumption of thermal energy by the population.

**Таблица 1. Теплоэнергопотенциал отходов соломы и его соотношение с потребностями тепла населения муниципальных образований Краснодарского края (по данным 2019 г.)**

№	Муниципальные районы (рейтинг районов по величине потенциала производства тепла из соломы)	Сбор соломы, тыс. т/год	Валовой энергопотенциал соломы, тыс. т у.т./год	Технический потенциал тепловой энергии соломы, млн Гкал/год	Затраты тепла населением, млн Гкал/год	Доля тепла из соломы от затрат тепла в жилых помещениях
1	Каневской	689	293	0,70	0,42	1,67
2	Куцёвский	688	292	0,70	0,27	2,61
3	Новопокровский	573	243	0,59	0,17	3,36
4	Тихорецкий	571	243	0,58	0,52	1,13

Окончание табл. 1

№	Муниципальные районы (рейтинг районов по величине потенциала производства тепла из соломы)	Сбор соломы, тыс. т/год	Валовой энергопотенциал соломы, тыс. т у.т./год	Технический потенциал тепловой энергии соломы, млн Гкал/год	Затраты тепла населением, млн Гкал/год	Доля тепла из соломы от затрат тепла в жилых помещениях
5	Новокубанский	570	242	0,58	0,38	1,54
6	Ейский	551	234	0,56	0,61	0,93
7	Павловский	550	234	0,56	0,27	2,09
8	Красноармейский	542	230	0,55	0,43	1,29
9	Выселковский	527	224	0,54	0,24	2,25
10	Славянский	479	204	0,49	0,59	0,83
11	Курганинский	474	202	0,49	0,46	1,06
12	Тимашёвский	431	183	0,44	0,48	0,91
13	Кореновский	422	179	0,43	0,38	1,13
14	Крыловский	412	175	0,42	0,15	2,90
15	Ленинградский	408	173	0,42	0,26	1,61
16	Белоглинский	407	173	0,42	0,13	3,33
17	Гулькевичский	402	171	0,41	0,44	0,94
18	Отрадененский	400	170	0,41	0,26	1,56
19	Калининский	398	169	0,41	0,21	1,94
20	Усть-Лабинский	387	165	0,40	0,47	0,85
21	Кавказский	383	163	0,39	0,55	0,71
22	Брюховецкий	380	162	0,39	0,21	1,89
23	Приморско-Ахтарский	380	162	0,39	0,27	1,46
24	Щербиновский	366	156	0,37	0,15	2,58
25	Лабинский	336	143	0,34	0,44	0,79
26	Тбилисский	326	139	0,33	0,20	1,67
27	Староминский	297	126	0,30	0,17	1,82
28	Динской	287	122	0,29	0,17	0,49
29	Успенский	187	80	0,19	0,16	1,17
30	Мостовский	176	75	0,18	0,31	0,58
31	Северский	172	73	0,18	0,54	0,33
32	Абинский	156	66	0,16	0,44	0,36
33	Крымский	139	59	0,14	0,59	0,24
34	Белореченский	107	46	0,11	0,48	0,23
35	Темрюкский	93	40	0,10	0,55	0,17

Table 1. Heat and energy potential of straw waste and its correlation with the heat needs of the population of the Krasnodar region municipalities (according to 2019 data)

№	Municipal areas (ranking of districts by the largest potential for heat production from straw)	Amount of straw collection, thousand tons/year	Gross energy potential of straw, thousand tons of fuel equivalent/year	Thermal energy technical potential from straw, million Gcal/year	Heat consumption by the population, million Gcal/year	Share of heat from straw in heat consumption in residential houses
1	Kanevskaya	689	293	0.70	0.42	1.67
2	Kushchevsky	688	292	0.70	0.27	2.61
3	Novopokrovsky	573	243	0.59	0.17	3.36
4	Tikhoretsky	571	243	0.58	0.52	1.13
5	Novokubansky	570	242	0.58	0.38	1.54
6	Yeisk	551	234	0.56	0.61	0.93
7	Pavlovsky	550	234	0.56	0.27	2.09
8	Krasnoarmeisky	542	230	0.55	0.43	1.29
9	Vyselkovsky	527	224	0.54	0.24	2.25
10	Slavyanskiy	479	204	0.49	0.59	0.83
11	Kurganinsky	474	202	0.49	0.46	1.06
12	Timashevsky	431	183	0.44	0.48	0.91
13	Korenovsky	422	179	0.43	0.38	1.13
14	Krylovsky	412	175	0.42	0.15	2.90
15	Leningradsky	408	173	0.42	0.26	1.61
16	Belogliinsky	407	173	0.42	0.13	3.33

Table 1, ending

№	Municipal areas (ranking of districts by the largest potential for heat production from straw)	Amount of straw collection, thousand tons/year	Gross energy potential of straw, thousand tons of fuel equivalent/year	Thermal energy technical potential from straw, million Gcal/year	Heat consumption by the population, million Gcal/year	Share of heat from straw in heat consumption in residential houses
17	Gulkevichsky	402	171	0.41	0.44	0.94
18	Otradnensky	400	170	0.41	0.26	1.56
19	Kalininsky	398	169	0.41	0.21	1.94
20	Ust-Labinsky	387	165	0.40	0.47	0.85
21	Caucasian	383	163	0.39	0.55	0.71
22	Bryukhovetsky	380	162	0.39	0.21	1.89
23	Primorsko-Akhtarsky	380	162	0.39	0.27	1.46
24	Shcherbinovsky	366	156	0.37	0.15	2.58
25	Labinsky	336	143	0.34	0.44	0.79
26	Tbilisskiy	326	139	0.33	0.20	1.67
27	Starominskiy	297	126	0.30	0.17	1.82
28	Dinskoy	287	122	0.29	0.17	0.49
29	Uspensky	187	80	0.19	0.16	1.17
30	Mostovsky	176	75	0.18	0.31	0.58
31	Seversky	172	73	0.18	0.54	0.33
32	Abinskiy	156	66	0.16	0.44	0.36
33	Krymskiy	139	59	0.14	0.59	0.24
34	Belorechensky	107	46	0.11	0.48	0.23
35	Temryuksky	93	40	0.10	0.55	0.17

Сопоставление карт общего валового энергопотенциала соломы и доли покрытия потребностей в тепловой энергии за счет соломы (см. рис. 1) позволяет заключить, что в Краснодарском крае есть районы с высоким энергопотенциалом отходов зерновых культур, который тем не менее не покрывает потребности населения в тепле (Ейский, Славянский, Тимашевский, Кавказский, Гулькевичский). Это объясняется большой плотностью и численностью населения и, соответственно, высокими потребностями в энергии.

Расчеты потенциала замещения традиционных видов топлива топливом из соломы (рис. 2) показали, что теплоэнергетический потенциал соломы, ежегодно получаемой как побочный продукт производства зерна в Краснодарском крае, даже с учетом использования 50% ее на другие хозяйственные нужды, способен заменить порядка 7680 тыс. т каменного угля, 4070 тыс. т дизельного топлива, 4300 тыс. т топочного мазута, 5110 тыс. м<sup>3</sup> природного газа в год. Необходимость замены возобновляемыми источниками энергии традиционного углеводородного топлива диктуется не только негативным воздействием продуктов его сгорания на окружающую среду, но и потребностью сохранения сырьевой базы для производства самых разнообразных видов продукции. Ресурсосбережение в энергетической отрасли позволяет обеспечить развитие секторов нефте- и газопереработки, нефтегазохимии и производства на этой основе широкого ассортимента химической продукции самого разного назначения [11].

При замене традиционного топлива соломой происходит предотвращение выделения углекислого газа в атмосферу, так как при сжигании растительной биомассы образуется такое же количество CO<sub>2</sub>, какое было усвоено

в ходе ее роста – отходы растительного происхождения считаются нейтральными по отношению к балансу углекислого газа в атмосфере. По расчетам, проведенным согласно [12], в Краснодарском крае при замещении соломой дизельного топлива ежегодно может происходить предотвращение выделения более 12 700 тыс. т CO<sub>2</sub>; при замене соломой каменного угля – 12 400 тыс. т CO<sub>2</sub>, топочного мазута – 13 400 тыс. т CO<sub>2</sub> в год.

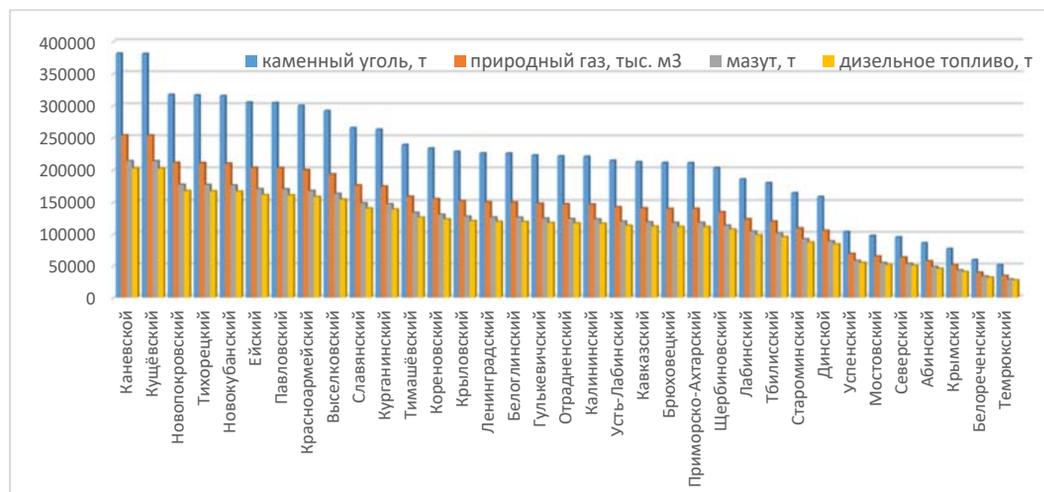


Рис. 2. Потенциал замещения традиционных видов топлива биотопливом из соломы для муниципальных образований Краснодарского края

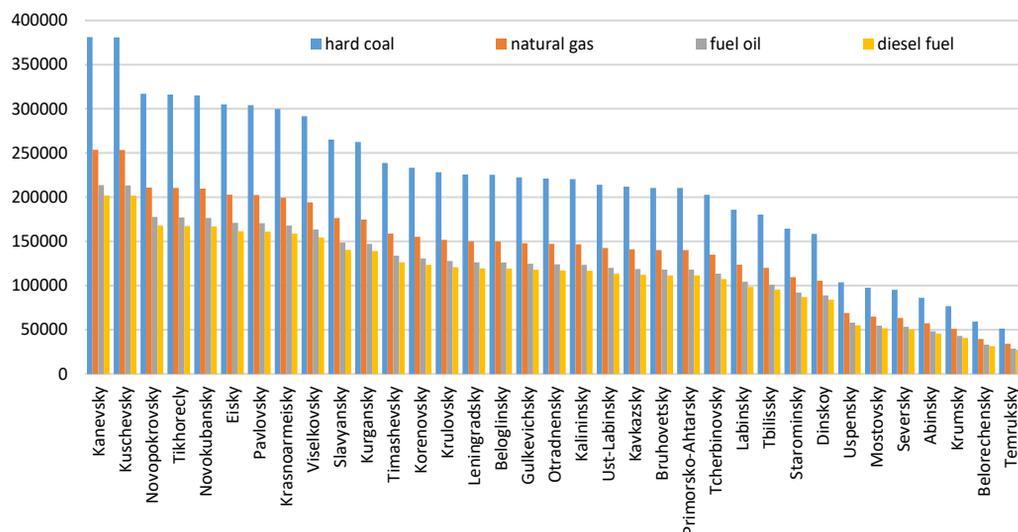


Figure 2. Potential for replacing traditional fuels with straw-based biofuels for the municipalities of the Krasnodar region

## Выводы

1. Для регионов России со значительным развитием отрасли растениеводства актуальным является внедрение методов утилизации отходов с получением полезных продуктов, в том числе энергии.

2. За рубежом, особенно в Европейском Союзе, в первую очередь в связи с той же проблемой утилизации отходов, а также в связи с необходимостью расширения сырьевой базы энергетики, успешно и масштабно используются технологии конверсии отходов сельскохозяйственного производства в тепловую и электрическую энергию.

3. Краснодарский край является ведущим регионом России по сельскохозяйственному производству, в том числе по зерноводству, что обеспечивает ежегодное образование отходов (соломы), энергосодержание которых, по данным 2019 г., составило 5899 тыс т у.т.

4. Потенциальное производство тепловой энергии из отходов зерноводства может покрыть более половины (57 %) потребления тепловой энергии на горячее водоснабжение и отопление в жилом секторе Краснодарского края.

5. Использование отходов производства зерна в Краснодарском крае может привести к экономии значительного объема углеводородного топлива (7680 тыс. т каменного угля, 4070 – дизельного топлива, 4300 – топочного мазута, 5110 тыс. м<sup>3</sup> природного газа в год) и предотвращению выбросов CO<sub>2</sub> (более 12 700 тыс. т CO<sub>2</sub> при замене соломой дизельного топлива, 12 400 – каменного угля; 13 400 – топочного мазута в год).

#### Список литературы

- [1] Сокращение сельскохозяйственных сжиганий в России через развитие альтернативных технологий управления растительными остатками в растениеводстве. СПб.: Bellona, 2017. URL: [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2017/03/S\\_X\\_FIRE\\_SITE-fin.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2017/03/S_X_FIRE_SITE-fin.pdf) (дата обращения: 07.03.2022).
- [2] *Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.* Перспективы использования отходов сельского хозяйства для производства энергии в Украине // Аналитическая записка Биоэнергетической ассоциации Украины. 2014. № 7. С. 21–27.
- [3] From coal to biomass – CHP retrofitting is possible and necessary. URL: <https://uabio.org/news/uabio-news/11168/> (дата обращения: 20.03.2022).
- [4] Биоэнергетика: опыт Соединенного Королевства, Биотопливная энергетика. Информационное агентство «ЭСКО», 2020. URL: <http://energy.esco.agency/rubriki-zhurnala/biotoplivnaja-jenergetika/7320/biojenergetika-opyt-soedinennogo-korolevstva> (дата обращения: 20.03.2022).
- [5] *Пузырев М.Е., Лихачева Г.Н., Жуков Е.Б.* Использование соломы в качестве топлива в промышленной теплоэнергетике // Знание. 2016. № 11–1(40). С. 83–87.
- [6] Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) / под ред. П.П. Безруких. М.: ИАЦ Энергия, 2007. 272 с.
- [7] Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 160 с.
- [8] *Андреев Т.И., Киселёва С.В., Шакун В.П.* К оценке энергетического потенциала отходов растениеводства: зерновое хозяйство // Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 12. С. 84–95.
- [9] *Гашио Е.Г.* Выявление и реализации резервов повышения эффективности систем теплоэнергоснабжения городов и регионов. URL: <https://mpei.ru/Structure/Universe/>

peep/structure/hamapai/enmie/Documents/konferense\_2016/Gasho.pdf (дата обращения: 10.02.2022).

- [10] Тарасова Н.П., Ермоленко Б.В., Зайцев В.А., Макаров С.В. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. 2-е изд. М.: Лаборатория знаний (ранее «БИНОМ. Лаборатория знаний»), 2015. 233 с.
- [11] Егорова Д.А., Ермоленко Б.В. Возобновляемая энергетика как инструмент сбережения ценного химического сырья // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. 30. № 9.
- [12] Методика расчета выбросов парниковых газов (CO<sub>2</sub>-эквивалента). URL: <https://sro150.ru/index.php/metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovykh-gazov> (дата обращения: 20.03.2022).

## References

- [1] *Reducing agricultural burning in Russia through the development of alternative crop residue management technologies in crop production*. St. Petersburg: Bellona; 2017. (In Russ.) Available from: [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2017/03/S\\_X\\_FIRE\\_SITE-fin.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2017/03/S_X_FIRE_SITE-fin.pdf) (accessed: 03.07.2022).
- [2] Geletukha GG, Zheleznyaya TA. Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine. *Analytical note of Biofuel association of Ukraine*. 2014;(7). (In Russ.). p. 21–27.
- [3] From coal to biomass – CHP retrofitting is possible and necessary. Available from: <https://uabio.org/news/uabio-news/11168/> (accessed: 20.03.2022)
- [4] *Bioenergy: experience of the United Kingdom, Biofuel energy*. ESCO News Agency; 2020. (In Russ.) Available from: <http://energy.esco.agency/rubriki-zhurnala/biotoplivnaja-jenergetika/7320/biojenergetika-opyt-connected-korolevstva>. (accessed: 20.03.2022).
- [5] Puzyrev ME, Likhacheva GN, Zhukov EB. The use of straw as a fuel in industrial thermal power engineering. *Knowledge*. 2016;(11–1(40)):83–87. (In Russ.)
- [6] Bezrukikh PP, editor. *Handbook of Russia's Renewable energy Resources and Local Fuels (indicators by area)*. Moscow: IAC Energy Publ.; 2007 (In Russ.)
- [7] *Atlas of Renewable Energy Resources in Russia: scientific edition*. Moscow: Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleeva; 2015. (In Russ.)
- [8] Andreenko TI, Kiseleva SV, Shakun VP. On the assessment of the energy potential of crop waste: grain economy. *Alternative Energy and Ecology*. 2014;(12):84–95. (In Russ.)
- [9] Gasho EG. *Identification and implementation of reserves to improve the efficiency of heat and power supply systems of cities and regions*. (In Russ.) Available from: [https://mpei.ru/Structure/Universe/peep/structure/hamapai/enmie/Documents/konferense\\_2016/Gasho.pdf](https://mpei.ru/Structure/Universe/peep/structure/hamapai/enmie/Documents/konferense_2016/Gasho.pdf) (accessed: 10.02.2022).
- [10] Tarasova NP, Ermolenko BV, Zaitsev VA, Makarov SV. *Assessment of the impact of industrial enterprises on the environment*. 2nd ed. Publishing House “Knowledge Laboratory” (formerly “BINOM. Knowledge Laboratory”); 2015. (In Russ.)
- [11] Egorova DA, Ermolenko BV. Renewable energy as a tool for saving valuable chemical raw materials. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*. 2016;30(9) (In Russ.)
- [12] *Methodology for calculating greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub> equivalent)*. (In Russ.) Available from: <https://sro150.ru/index.php/metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovykh-gazov> (accessed: 20.03.2022).

### **Сведения об авторах:**

*Андреевко Татьяна Ивановна* – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1. ORCID: 0000-0001-8678-3568, e-Library SPIN-код: 9851-2408. E-mail: tanyandr00@mail.ru

*Киселева Софья Валентиновна* – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1. ORCID 0000-0001-5836-8615, e-Library SPIN-код: 9597-0055. E-mail: k\_sophia\_v@mail.ru

*Рафикова Юлия Юрьевна* – кандидат географических наук, старший научный сотру НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1. ORCID 0000-0003-3204-9135, e-Library SPIN-код: 6001-7680. E-mail: ju.rafikova@gmail.com

### **Bio notes:**

*Tatyana I. Andreenko*, PhD in Biology, Senior Researcher, Scientific Laboratory of Renewable Energy Sources, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-8678-3568, e-Library SPIN-код: 9851-2408. E-mail: tanyandr00@mail.ru

*Sophia V. Kiseleva*, PhD in Fisics, Leading Researcher, Scientific Laboratory of Renewable Energy Sources, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-5836-8615, e-Library SPIN-код: 9597-0055. E-mail: k\_sophia\_v@mail.ru

*Yulia Yu. Rafikova*, PhD in Geography, Senior Researcher, Scientific Laboratory of Renewable Energy Sources, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-3204-9135, e-Library SPIN-код: 6001-7680. E-mail: ju.rafikova@gmail.com