



КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛА ОТХОДОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

П.Е. Каргашин, П.А. Развенков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ГСП-1, ул. Ленинские Горы, Москва,
Россия, 119991, тел.: +7(495)-939-3801, p.e.kargashin@mail.ru, prazvenkov@gmail.com.

doi: 10.15518/isjaee.2020.11.011

Заключение совета рецензентов: 25.10.20

Заключение совета экспертов: 25.10.20

Принято к публикации: 29.10.20



За последние полвека наблюдается неуклонный рост доли электроэнергии, вырабатываемой с помощью ВИЭ. Для регионов Российской Федерации, в экономике которых значительную роль играет сельское хозяйство, актуально использование отходов растениеводства с целью их дальнейшей переработки и использования в качестве источника для производства электроэнергии. В ряде статей анализ ресурсов на региональном уровне осуществляется лишь на основе статистических данных, обобщенных по единицам административного деления. В данной работе рассматривается методика, основанная на использовании данных дистанционного зондирования земли, которая позволяет локализовать источник энергоресурсов (поля зерновых культур). Методика реализована для Рязанской области. Выделение контуров сельскохозяйственных полей происходит на основе разновременных космических снимков Landsat-8 и Sentinel-2, на которых запечатлены сельскохозяйственные поля на различных стадиях вегетации. Так как для большинства видов зерновых культур характерен свойственный лишь им ход вегетационного развития, который сопровождается изменением спектральных характеристик, то можно отделить зерновые от прочих видов сельскохозяйственных культур. На основе известных формул был произведен расчет энергетического потенциала отдельных полей. В качестве мест, где возможна концентрация и переработка отходов зерновых культур были выбраны имеющиеся в регионе сельскохозяйственные предприятия животноводческой направленности. На основе дорожного графа Рязанской области была решена задача «размещение – распределение» (Location-Allocation). В результате чего на основе кратчайшего расстояния по дорожной сети была определена принадлежность каждого поля к определенному пункту переработки. Данная задача была решена для 3 случаев: 100, 50 и 10 обрабатывающих предприятий. Полученные результаты показали, насколько сильно отличается энергетический потенциал, рассчитанный на основе административной статистики, и энергетический потенциал, вычисленный на основе использования данных дистанционного зондирования и сетевого анализа.

Ключевые слова: биоэнергетика, ВИЭ, геоинформационное картографирование, сетевой анализ, дистанционное зондирование, зерновые, энергетический потенциал.

MAPPING THE ENERGY POTENTIAL OF CEREAL CROPS WASTE IN THE RYAZAN REGION

Kargashin P.E., Razvenkov P.A.

Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, Russian Federation,
119991, tel.: +7(495)-939-2238, +7 (495)-932-8836, info@geogr.msu.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.11.011

Referred: 25.10.20

Received in revised form: 25.10.20

Accepted: 29.10.20



Over the past half century, there has been a steady increase in the share of electricity generated by renewable energy sources. For the regions of the Russian Federation, in the economy of which agriculture plays a significant role, it is important to use crop waste for the purpose of their further processing and use as a source for electricity generation. In a number of articles, the analysis of resources at the regional level is carried out only on the basis of statistical data summarized by administrative divisions. In this paper, a methodology based on the use of remote sensing data of the earth is considered, which allows localizing the source of energy resources (fields of grain crops). The technique was implemented for the Ryazan region. The selection of the contours of agricultural fields is based on the multi-temporal satellite images of Landsat-8 and Sentinel-2, which depict agricultural fields at different stages of the growing season. Since most types of grain crops are characterized only by the course of vegetation development, which is accompanied by a change in spectral characteristics, it is possible to separate grain from other types of agricultural crops. On the basis of well-known formulas, the energy potential of individual fields was calculated. Agricultural enterprises of animal husbandry in the region were chosen as places where concentration and processing of grain crops wastes is possible. Based on the road graph of the Ryazan region, the Location-Allocation problem was solved. As a result, on the basis of the shortest distance along the road network, the belonging of each field to a certain processing point was determined. This problem was solved for 3 cases: 100, 50 and 10 processing enterprises. The results showed how much the difference is between the energy potential calculated on the basis of administrative statistics and the energy potential calculated using remote sensing data and network analysis.

Keywords: bioenergy, renewable energy, geoinformation mapping, network analysis, remote sensing, cereals.



Каргашин Павел
Евгеньевич
Pavel Evgenievich
Kargashin

Сведения об авторе: кандидат географических наук, доцент, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики.

Образование: ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Область научных интересов: картография, география, дистанционное зондирование, геоинформатика, пространственные данные.

Публикации: 64.

Information about the author: PhD, associate professor, department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University.

Education: Lomonosov Moscow State University.

Research interests: cartography, geography, remote sensing, geoinformatics, spatial data-

Publications: 64.



Развенков Павел
Александрович
Razvenkov Pavel
Aleksandrovich

Сведения об авторе: студент магистратуры кафедры картографии и геоинформатики географического факультета ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова.

Образование: ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Область научных интересов: картография, география, дистанционное зондирование, геоинформатики

Публикации: 0.

Information about the author: master's degree student Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University.

Education: Lomonosov Moscow State University

Research interests: cartography, geography, remote sensing, geoinformatics.

Publications: 0.

Введение

Со второй половины XX века исследователи отмечают постоянный рост объема производства электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии (далее ВИЭ). На протяжении XXI века мощность энергоустановок на ВИЭ в среднем увеличивалась на десятки процентов в год (Попель, 2015). В научных и популярных изданиях больше внимания уделяется энергии солнца и ветра, хотя биоэнергети-

ка является не менее важным источником энергии. Более того развитие биоэнергетики позволяет наряду с производством электроэнергии решать вопросы утилизации отходов сельского и лесного хозяйства. По данным Международного агентства по возобновляемой энергетике (IRENA) биоэнергетика занимает четвертое место (порядка 5,5%) в мире по объему производства (ГВт) электроэнергии среди всех отраслей возобновляемой энергетике (IRENA, URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by->

[Topic/Capacity-and-Generation/Technologies](https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies). В России же, биоэнергетика по выработке электроэнергии среди ВИЭ вовсе занимает второе место, уступая только гидроэнергетике (IRENA, URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Renewable-Energy-Balances/Country-Profiles>).

Но при этом мощность электростанций, использующих биотопливо почти не изменилась за последние 20 лет (IRENA, URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>).

Практически все сжигаемое биотопливо представляет собой дрова, хотя на данный момент существует опыт использования других не древесных видов топлива, среди которых одним из наиболее перспективных являются отходы растениеводства. Среди сельскохозяйственных культур следует особо выделить зерновые, так как они выращиваются практически во всех регионах мира, имеют важное продовольственное значение. Исходя из значительного объема производства зерновых, логично ожидать большое количество отходов, которое можно использовать в энергетике. Россия является одним из мировых лидеров по производству зерновых, а начиная с 2016 года является главным мировым экспортером (The World Bank Open Data. URL: https://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.CREL.MT?most_recent_value_desc=true&view=chart). Помимо производства электроэнергии необходимо учитывать

и косвенные выгоды от использования отходов растениеводства, например, решение проблем утилизации и складирования отходов, снижение пожароопасности, развитие сельских районов за счет появления новых предприятий и рабочих мест и пр. При изучении возможностей развития возобновляемой энергетики на базе отходов растениеводства ключевую роль играет региональный уровень исследований, так как именно на этом уровне можно выполнить планирование размещения объектов. Анализ географических исследований в области биоэнергетики показывает, что наиболее часто на этом уровне работают со статистическими данными об урожайности различных сельскохозяйственных культур по муниципальным образованиям (Андреевко, 2014; Андреевко, Киселева, Рафикова, 2016; Андреевко, Киселева, Рафикова, 2017). Но это дает слишком обобщенную картину распределения энергоресурсов по территории исследования. Этот недостаток отмечен в работе по Крымскому полуострову коллективом авторов (Каргашин, Новаковский, Прасолова, 2018). В качестве возможного решения авторы предлагают использование данных дистанционного зондирования и карт использования земель и земельного покрова (Land Use/ Land Cover). Данная работа является развитием предложенных идей и основана на автоматизации дешифрирования космических снимков, применении сетевого анализа при изучении пространственного распределения ресурсов).



| Список обозначений | |
|-----------------------|--|
| Индексы нижние | |
| <i>В_{от}</i> | общая масса соломы |
| <i>К_п</i> | коэффициент потерь, образующихся при уборке урожая и транспортировке |
| <i>К_{эн}</i> | коэффициент энергетического использования |

| <i>П_{эн}</i> | энергетический потенциал |
|-----------------------|--|
| <i>Q_{рн}</i> | низшая теплота сгорания рабочего топлива из растительных отходов |
| Единицы измерения | |
| <i>МВт*ч*год</i> | Мегаватт в час в год |
| <i>ккал/кг</i> | Килокалорий на килограмм |

1. Цели и задачи

Цель исследования состоит в оценке энергопотенциала отходов зерновых культур в Рязанской области на основе космических снимков и пространственного анализа. В рамках данной цели были решены следующие задачи:

- Изучить теоретические вопросы сбора и анализа пространственных данных.
- Выполнить картографирование валового потенциала отходов растениеводства, исходя из расположения ареалов выращивания зерновых в пределах области.
- Оценить пространственное распределение валового потенциала биоэнергетики и посредством сетевого моделирования определить наиболее перспективные места производства электроэнергии на основе отходов растениеводства.

Разработанная методика включает следующие этапы: 1) выявление ареалов выращивания зерновых по данным дистанционного зондирования; 2) оценка объема образующихся отходов; 3) анализ транспортной сети региона и определение перспективных мест для размещения предприятий биоэнергетики; 4) создание серии карт, отражающей территориальное распределение энергетических ресурсов зерновых в пределах выбранной территории.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что исследования в области биоэнергетики меньше всего обеспечены фактически данными по сравнению с другими отраслями ВИЭ, что не может не снижать детальность и глубину существующих научных и прикладных работ. В данной статье показано как можно компенсировать проблему за счет космических снимков и как применить полученную информацию для решения задач развития ВИЭ отдельного региона.

Научная новизна заключается в том, в области биоэнергетики совместное использование космических снимков и методов сетевого анализа позволяет



получить достаточно детальные результаты, которые подходят для территориального планирования развития отрасли на региональном уровне.

2. Территория исследования

Для исследования была выбрана Рязанская область. В административном отношении регион состоит из 25 муниципальных районов, в состав которых входят 256 сельских поселений. Продукция сельского хозяйства составляет 8% валового регионального продукта (Правительство Рязанской области. URL: https://www.ryazangov.ru/upload/iblock/0a2/info_06122019.pdf). Основной отраслью растениеводства области является выращивание зерновых культур. Их ежегодная посевная площадь на протяжении последних 10 лет составляет 550-600 тыс. га (ЕМИСС Государственная статистика URL: <https://fedstat.ru/indicator/31328>). Наблюдается тенденция роста посевных площадей зерновых. По данным на 2019 год область занимала 8 место в Центральном федеральном округе по валовому сбору зерна.

3. Исходные данные и применяемые методы

Отправной точкой географических исследований в области биоэнергетики являются исходные данные о посевных площадях, урожайности. Официальная статистика обобщает их по административным единицам. В ряде работ указано, что можно детализировать информацию за счет использования космических снимков (Wang, 2012; Каргашин, Новаковский, Прасолова, 2018) и оценить урожайность не по

административным единицам, а по ареалам произрастания сельскохозяйственных культур. В этом случае, материалы государственной статистики необходимо использовать для проверки данных, полученных путем интерпретации космических снимков и количественной оценки.

Идея такого подхода заключается в том, что каждый объект земной поверхности обладает характерными для него значениями яркости в различных зонах спектра электромагнитных колебаний. Эти значения яркости также зависят от типа объекта и его состояния. Для данного исследования важно, что значения спектральной яркости меняются во времени в зависимости от стадии вегетации культуры. А значит, можно отделить зерновые культуры от прочих растений по серии снимков, характеризующих растения на различных стадиях вегетации. Для Рязанской области периоды и соответствующее им стадии вегетации зерновых приведены в таблице 1.

Исходя из этого, были выбраны съемочные системы, которые обладают периодичностью съемки как минимум 1 раз в месяц, выполняют многозональную съемку, а получаемые снимки обладают разрешением не хуже 50 метров. Такие снимки можно получить со спутников Sentinel-2 со съемочной системой MSI. В тех случаях, когда из-за облачности снимки Sentinel-2 были непригодны для работы, использовались снимки со спутника Landsat-8 со съемочной системой OLI. Пространственное разрешение снимков Sentinel- 10 метров, а Landsat - 30 метров, это позволяет с достаточной степенью точности выделять площади угодий.

Таблица 1

Сроки съемки и их характеристика

Table 1

Period of survey and its features

| Период | Период съемки | Наблюдаемые условия |
|----------------|---------------------------------|--|
| Весенний | Конец апреля – середина мая | Посев, всходы |
| Ранний летний | Конец июня – начало июля | Активная вегетация, выход в трубку и колошение |
| Летний | Конец июля – начало августа | Цветение и ранние стадии созревания |
| Поздний летний | Конец августа – начало сентября | Созревание и уборка урожая |
| Осенний | Ноябрь | Зяблевая вспашка |

Первоначально для каждого из районов области были созданы бинарные маски, которые ограничивали районы земледелия. Далее для каждого из районов выполнена процедура кластеризации изображений в пределах ареалов земледелия методом ISODATA. Для кластеризации были выбраны зеленый, красный и ближний инфракрасный каналы снимков на май, конец июня, конец июля, конец августа и сентябрь. Количество классов задавалось априорно и зависело от разнообразия выращиваемых

в районе культур. Например, для Ермишинского и Пителинского районов было задано 10 классов, так как данные районы не обладают значительным разнообразием выращиваемых на их территории сельскохозяйственных культур. А в Старожиловском районе, изображение было разделено на 20 классов, так как данный район характеризуется значительными площадями пашни и более разнообразной структурой выращиваемых культур. Данные структуре посевов были получены из материалов государ-



ственной статистики. После кластеризации изображения была произведена интерпретация полученных классов на основе выделенных свойств сельскохозяйственных культур и удаление ошибочно выделенных территорий.

Такой подход оправдал себя в тех районах, где площадь пашни не превышала 40 тыс. га. Если же площадь превышала указанное значение, то возникали значительные ошибки, выражающиеся в выделении фиктивных площадей зерновых культур. В рамках данного исследования, ареалы выращивания зерновых в 12 районах были выделены визуально.

После выделения территорий, занятых зерновыми культурами, была произведена проверка полученных результатов. Проверка осуществлялась следующим образом: для зерновых культур была рассчитана суммарная площадь всех выделенных по снимкам ареалов в пределах муниципальных районов, далее она сравнивалась с данными Федеральной службы государственной статистики (Федеральная служба государственной статистики. URL:

<http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst61/DBInet.cgi>

). Удовлетворительной погрешностью в определении площадей зерновых культур считалась погрешность в 5%. Выбор данного порогового значения объясняется ошибками, векторизации растрового изображения, так как площадь пикселя на местности составляет 0,1 га (для снимка со спутника Sentinel-2 и 0,9 га для спутника Landsat-8).

Таким образом, на данном этапе исследования были получены фактические площади выращивания зерновых культур в Рязанской области и их пространственное положение, что послужило исходными данными для расчета энергетических характеристик.

Следующий этап — это вычисление энергетических характеристик отходов выращивания зерновых культур. В данном исследовании использована формула 1, которая упоминается в ряде исследований, в том числе в работе «Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины» (Клюс, Забарный, 2011).

$$P_{эн} = \frac{V_{ом} * (1 - K_{п}) * K_{эн} * Q_{н}^p}{7000} * 8,14 \frac{МВт*ч}{год} ; \quad (1)$$

где $V_{ом}$ — общая масса соломы; $K_{п}$ — коэффициент потерь, образующихся при уборке урожая и транспортировке; $K_{эн}$ — коэффициент энергетического использования; $Q_{н}^p$ — низшая теплота сгорания рабочего топлива из растительных отходов, $\frac{ккал}{кг}$, $\frac{8,14 МВт}{7000 год}$ — переводной коэффициент.

В данной работе принято несколько допущений:

1) использованы значения для воздушно-сухих отходов с влажностью 18-20%, теплота сгорания которых составляет $3000 \frac{ккал}{кг}$ согласно информации, приведенной в работе «Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины» (Клюс, Забарный, 2011);

2) коэффициент отходов для зерновых культур составил 1;

3) Коэффициент энергетического использования и коэффициент потерь были приняты равными 0,9 и 0,1 соответственно.

Вычисление по формуле 1 с учетом принятых допущений дает значение произвести 2,2 МВт*ч электроэнергии при сжигании одной тонны соломы.

Заключительный этап исследования состоит в выборе населенных пунктов, где возможно и рационально переработать отходы зерновых и получить электроэнергию. Исходя из анализа статей по проблематике использования отходов растениеводства в качестве источника энергии (Braun, 2007; Weiland, 2010; Голубев, 2011) было установлено, что чаще всего предприятия по производству различных видов биотоплива на основе отходов растениеводства располагаются при животноводческих хозяйствах. Подобное расположение объясняется тем, что при производстве биотоплива из растительных отходов крайне эффективно использовать и навоз, который ускоряет биохимические процессы, что позволяет оптимизировать и интенсифицировать производство топлива (Weiland, 2010; Sliz-Szkliniarz, 2012). Методы сетевого анализа позволили определить зоны сбора отходов зерновых для каждого животноводческого хозяйства, по принципу наименьшего расстояния по дорожной сети до выделенных ареалов выращивания зерновых.

4. Результаты и их анализ

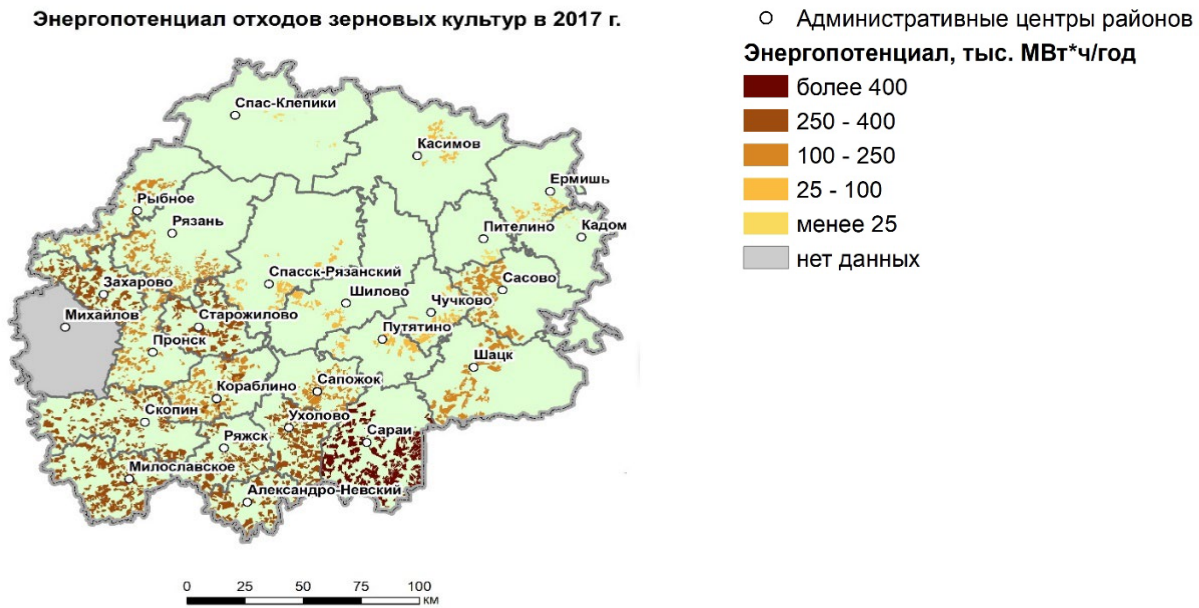
На основе многовременных снимков Sentinel-2 и Landsat-8 удалось выделить ареалы выращивания зерновых культур 24 муниципальных районов Рязанской области из 25 (рисунок 1). В пределах Михайловского района не удалось выделить с достаточной степенью достоверности территории выращивания зерновых в связи с тем, что на данную территорию отсутствовали снимки приемлемого качества на начало и конец лета. В пределах остальных районов зерновые культуры были выделены с достаточной степенью достоверности.

На рисунке 1 показана карта распространения ареалов выращивания зерновых в Рязанской области. Тематическим значением является энергетический потенциал в тыс. МВт*час в год, который вычислен для каждого ареала. Наибольшим энергопотенциалом обладают следующие муниципальные районы: Сараевский, Милославский и Александровский районы. Наименьшим — Клепиковский и Кадомский районы.

Такой подход к картографированию позволяет увидеть неоднородность размещения энергоресурсов в пределах административных единиц и выделить территории с наиболее высоким ресурсным потенциалом. При этом, важно обратить внимание, что на карте (рисунок 1) явно выделяются несколько территорий, расположенных на границах районов (рисунок 2).



Энергопотенциал отходов зерновых культур в 2017 г.



а

б

Рис. 1. а) Энергопотенциал, рассчитанный по выделенным площадям зерновых культур, по муниципальным образованиям (способом уточненных картодиаграмм на карте отображен энергетический потенциал полей зерновых культур по муниципальным районам области); б) легенда

Fig. 1. a) Energy potential counted for cereal crops fields inside districts based on remote sensing data; b) legend

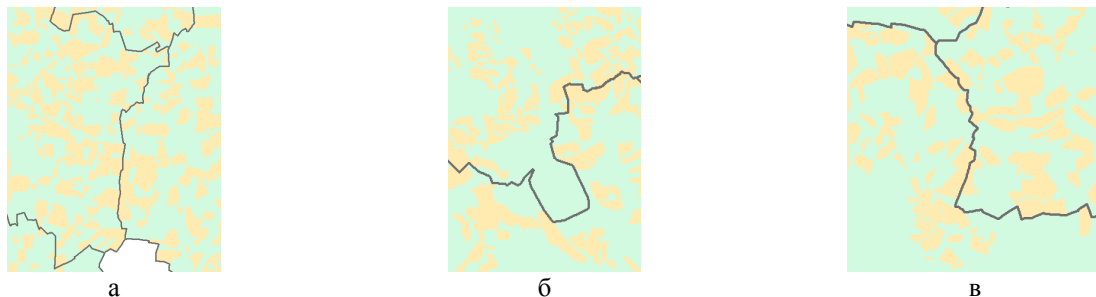


Рис. 2 Группы сельскохозяйственных полей, расположенных на границах муниципальных районов: а) Ухоловского и Сараевского; б) Рязанского и Старожилковского; в) Скопинского и Кораблинского

Fig. 2 Groups of agricultural fields at the following municipal districts' boundaries: a) Ukholovo and Sarajev districts; b) Ryazan and Starozhilovo districts; c) Skopin and Korablino districts

Для сетевого моделирования была использована открытая информация о животноводческих комплексах (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области. URL: <https://www.ryazagro.ru/APKrayon/>). В Рязанской области было найдено 229 объектов. Моделирование было проведено для трех сценариев, которые различались количеством пунктов для сбора и использования отходов растениеводства: 100, 50 и 10

Для интерпретации результатов исследования были составлены карты, которые показывают различные аспекты данной тематики. Во-первых, составлена карта, которая показывает пункты переработки отходов растениеводства и суммарный объем производства электроэнергии в пределах каждого района (рисунок 3б). Полученные значения в некоторой степени отличаются от тех, которые были рассчитаны на начальном этапе обработки данных, ко-

гда энергетическая характеристика района вычислялись для площадей, занятых зерновыми, порайонно (рисунок 3а). В значительной степени за счет транспортной доступности и близости к энергоресурсам примерно в 1,5 раза увеличился энергетический потенциал Скопинского района, к обрабатывающим предприятиям которого оказались более близкими отдельные поля Пронского и Милославского районов. Самые бедные на энергетические ресурсы отходы зерновых культур районы (Касимовский, Ермишинский, Пителинский, Кадомский и Клепиковский районы) сохранили свои энергетические характеристики неизменными главным образом в силу обособленности ареалов выращивания зерновых культур. Существенно уменьшились значения для Шилковского (-31,7%), Милославского (-28,3%), Старожилковского (-19,9%) и Рыбновского районов (-14,6%). Остальные изменения величины энергетического



потенциала лежат в пределах 10%, что связано с равномерным распределением обрабатывающих органи-

заций по территории региона.

Энергопотенциал отходов зерновых культур в 2017 г.

Энергопотенциал отходов зерновых культур в 2017 г.

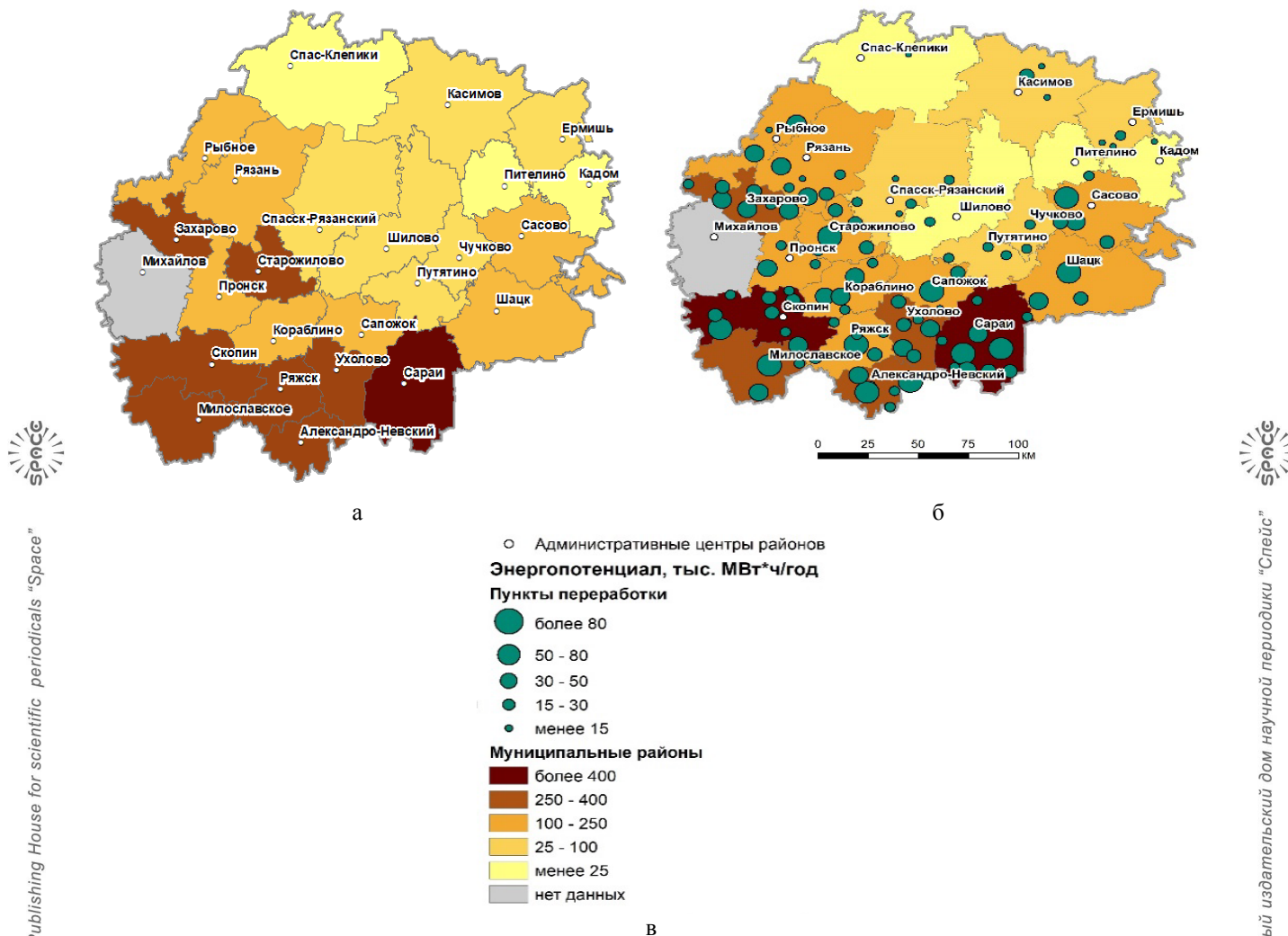


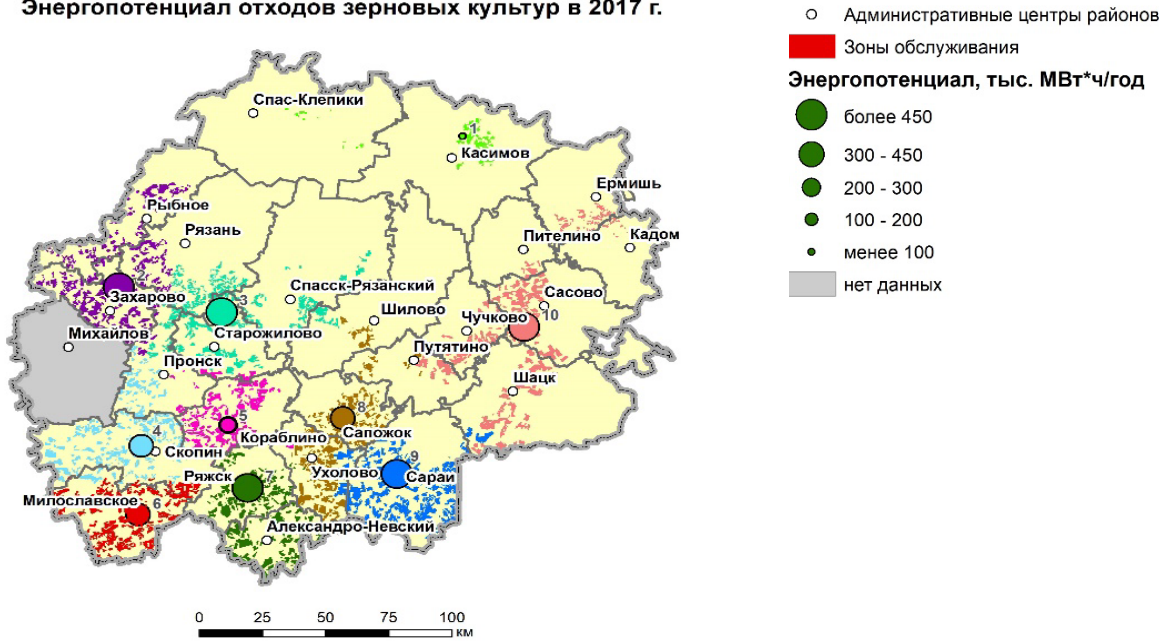
Рис. 3. Энергетический потенциал районов: а) Энергетический потенциал, посчитан по произведенным районами отходам зерновых культур (административная привязка), б) Энергетический потенциал, посчитан по переработанным 100 предприятиями отходам зерновых культур (сумма энергопотенциалов предприятий внутри районов), в) легенда

Fig. 3. Energy potential of districts: а) energy potential calculated by cereal crops waste produced in the districts, б) energy potential calculated by cereal crops waste processed by 100 plants (sum of plants' energy potentials within districts), в) legend

Для контраста, рассмотрим сценарий, в котором все отходы перерабатываются в 10 пунктах. На рисунке 4, очевидно, что согласно существующей дорожной сети вокруг каждого пункта выделилась область доставки отходов растениеводства, которая распространяется на несколько районов. Из которых наибольшим энергетическим потенциалом обладают Сараевский, Сасовский, Ряжский и Захаровский районы, значения энергетического потенциала которых превышают 500000 МВт*ч/год. Организация Сараевского района обрабатывает незначительную часть ресурсов Шацкого и Ухоловского районов; Сасовского — большую часть Шацкого и Путятинского районов, ресурсы Чучковского, Пителинского, Ермишинского и Кадомского районов; Ряжского —

часть Ухоловского района, территорию Александровского района; Захаровского — часть Пронского и Рязанского, а также Рыбновский район. В данном случае энергетические ресурсы по предприятиям «первой пятерки» распределены достаточно равномерно. Наибольшими энергетическими потенциалами по результатам моделирования обладают: ООО «Рязанский бекон», пгт. Сараи (576514,1 МВт*ч/год) — Сараевский район; СПК «Колос», пос. Сотницыно (573481,5 МВт*ч/год) — Сасовский район; ООО «Ряжская МТС», пос. Свет (516328,8 МВт*ч/год) — Ряжский район; ООО «Путь Ленина», с. Плахино (506548 МВт*ч/год) — Захаровский район; и Колхоз (СПК) им. Ленина, с. Гребнево (484339 МВт*ч/год) — Старожилковский район.

Энергопотенциал отходов зерновых культур в 2017 г.



а

б

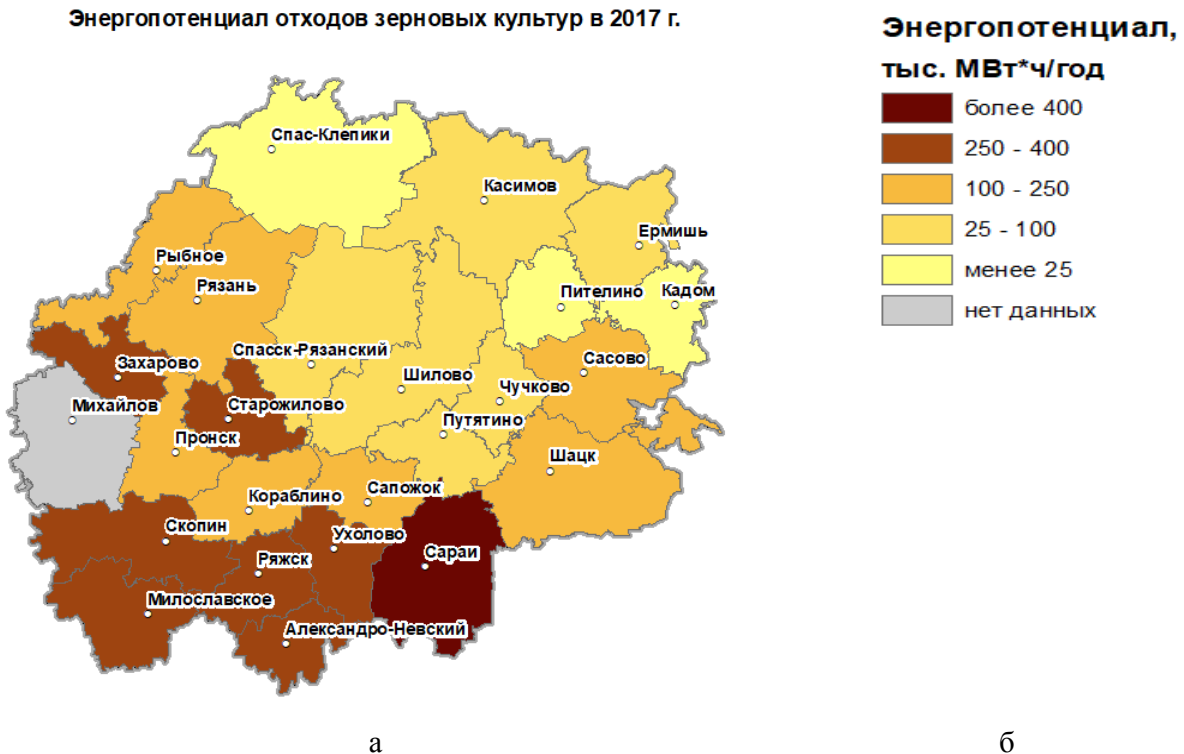
Рис. 4. а) Энергетический потенциал и зоны обслуживания центров переработки отходов (значком показаны возможные центры переработки отходов зерновых культур, размер значков отображает валовый энергопотенциал отходов, способом ареалов показаны зоны обслуживания каждого пункта переработки); б) легенда

Fig. 4. а) Energy potential and service areas of waste processing centers; б) legend

На рисунке 5 приведено сравнение результатов, полученных традиционным подходом и авторским. В первом случае (рисунок 5а) картографируемое значение определяется объемом отходов от урожая зерновых и не учитывает необходимость переработки. На рисунке 5б видно, энергопотенциал существенно

отличается, выделяется группа лидирующих - Саравский, Сасовский и Захаровский. Также в этом сценарии появилась группа районов, ресурсы которых полностью перерабатываются в соседних и их энергопотенциал определен как нулевой.

Энергопотенциал отходов зерновых культур в 2017 г.



а

б



International Publishing House for scientific periodicals "Space"



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

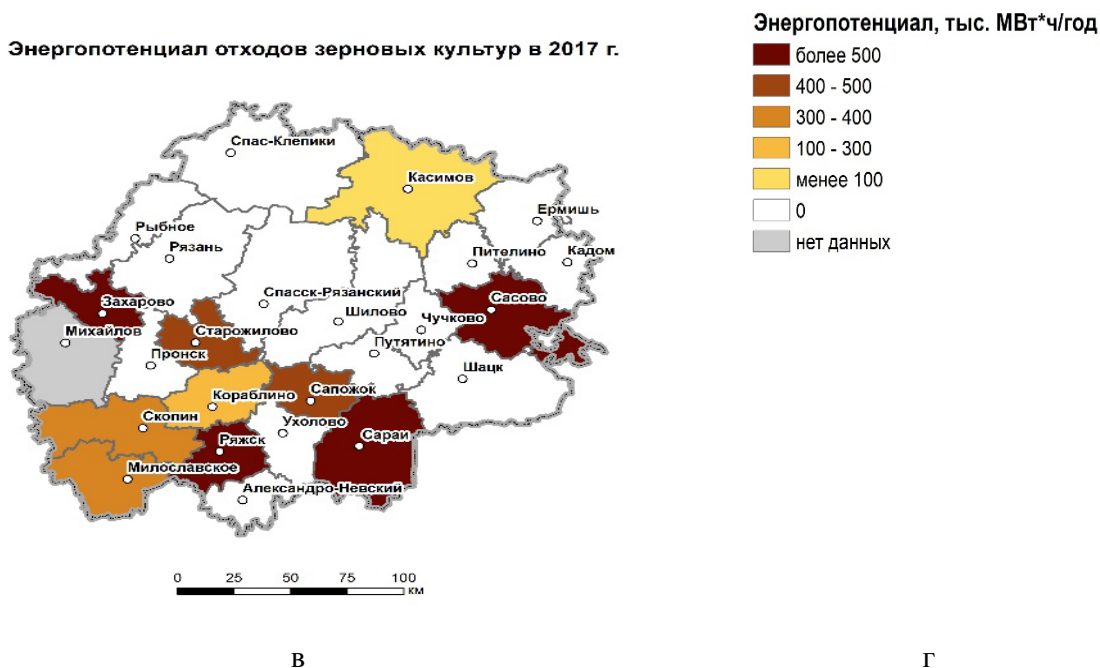


Рис. 5. Энергетический потенциал районов: а) Энергетический потенциал, посчитан по произведенным районами отходам зерновых культур (административная привязка); б) легенда к карте а; в) Энергетический потенциал, посчитан по переработанным 10 предприятиями отходам зерновых культур (сумма энергопотенциалов предприятий внутри районов); г) легенда к карте в

Fig. 5. Energy potential of districts: a) energy potential calculated by cereal crops waste produced in the districts; б) legend of map "а"; с) energy potential calculated by cereal crops waste processed by 10 plants (sum of plants' energy potentials within districts); д) legend of map "с"

Исходя из полученных результатов по всем исследованным сценариям, можно выделить наиболее перспективные районы для развития рассматриваемой области возобновляемой энергетики. Критериями, для отнесения района в разряд перспективных, являются значения его энергетического потенциала на рассмотренных уровнях анализа. К разряду наиболее перспективных районов можно с уверенностью отнести Сараевский район, обладающий наибольшими посевными площадями зерновых культур в области, в результате чего валовый потенциал отходов зерновых культур, находящихся в муниципальном районе является наибольшим, также при выделении центров обработки данный муниципальный район неизменно занимал первую позицию по энергетическому потенциалу, более того в муниципальном районе расположено 17 организаций, одним из направлений деятельности которых является животноводство (средний показатель по области 10). Также к этой категории, безусловно, относится и Скопинский район, в целом имеющий схожие характеристики с Сараевским. Район обладает высокими значениями энергопотенциала на всех уровнях анализа, при идентичном количестве возможных пунктов обработки (17). Менее высокими энергетическими характеристиками обладают Захаровский, Рязанский, Сасовский и Милославский районы области, поэтому их можно отнести в разряд достаточно перспективных районов. В разряд перспективных районов области входят: Старожиловский, Кораблинский, Сапожковский, Александр-Невский и Ухоловский районы. Первые три района обладают достаточно высокими характеристиками энергетического

потенциала на всех уровнях анализа, более 200000 МВт*ч/год (по муниципальным районам, при выделении 100, 50 и 10 центров переработки). Александр-Невский и Ухоловский районы обладают большими значениями энергетического потенциала, более 250000 МВт*ч/год, но при анализе на уровне 10 пунктов переработки на область в данных районах не было выделено ни одной организации. К наименее перспективным районам области с точки зрения использования отходов зерновых культур в качестве источника энергии относятся районы, обладающие малыми и в значительной степени обособленными посевными площадями зерновых культур. К ним относятся: Клепиковский, Кадомский и Пителинский районы, значение энергопотенциала которых на рассматриваемых уровнях анализа не превышает 20000 МВт*ч/год. К менее перспективным районам области относятся районы, средние значения энергопотенциала которых не превышают 100000 МВт*ч/год: Шилковский, Касимовский, Чучковский, Спасский, Путятинский и Ермишинский районы.

Заключение

В работе выполнена оценка потенциала использования отходов растениеводства в энергетике. Результаты получены исключительно на основе открытых данных: космические снимки Sentinel, Landsat, официальные статистические данные, векторные слои границ и дорожной сети, а также информация о животноводческих комплексах. Отличительной чертой подхода является картографирование не по ад-



министративным районам, а по ареалам земледелия. В картографии такой способ называется уточненные картограммы или уточненные картодиаграммы. Вторая важная особенность - учет того факта, что энергетический потенциал надо относить не к районам выращивания зерновых, а к потенциальным центрам переработки. Это возможно сделать, выделяя наиболее перспективные центры по критерию транспортной доступности путем сетевого моделирования.

В работе приведены примеры карт, которые иллюстрируют отдельные шаги исследования и наглядно показывают, как меняется фактический энергетический потенциал районов. Карты отражают территориальное распределение энергетических ресурсов, количественное значение, показывают какие районы наиболее перспективны для развития рассматриваемой области возобновляемой энергетики. Что касается дальнейших направлений исследования, то оно состоит в рассмотрении большего количества факторов, влияющих на размещение пунктов переработки. Также в качестве биоэнергетических источников могут быть рассмотрены не только отходы зерновых культур, но и отходы других видов сельскохозяйственной растительности. Но при этом на первый план будет выходить использование полевых данных при дешифрировании различных культур.

Список литературы

1. Андреев Т.И. К оценке энергетического потенциала отходов растениеводства: зерновое хозяйство / Т.И. Андреев, С.В. Киселева, В.П. Шакунов // *Альтернативная энергетика*. – 2014 - № 12 – С. 84-95.
2. Андреев Т. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю. Энергетический потенциал отходов сельскохозяйственного производства южных регионов России (Волгоградская область, Республика Крым) // *Вестник аграрной науки Дона*. — 2017 — № 3 — С. 63–72.
3. Андреев Т. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю. Оценка энергетического потенциала отходов растениеводства Крымского Федерального округа // *Инновации в сельском хозяйстве*. — 2016 — № 5(20). — С. 449–455.
4. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Р 45 Рециклинг отходов в АПК: справочник. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011 – 296 с.
5. Ключ С.В., Забарный Г.Н. Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины // *Компрессорное и энергетическое машиностроение*. - 2011 - №2(24). - С. 8-13.
6. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Ред. К.В. Чибишев // *Академия наук СССР, Лаборатория аэрометодов*. 1947 271 с.
7. Попель О.С., Фортон В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире. Учебное пособие. — М.: МЭИ, 2015 — 450 с.: ил. — ISBN 978-5-383-00959-8.
8. Braun R. Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. In: *Improvement of crop plants for industrial end uses*. Netherlands: Springer; 2007
9. Sliz-Szkliniarz, B. A GIS-based approach for evaluating the potential of biogas production from livestock manure and crops at a regional scale: A case study for the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship [Текст] / B. Sliz-Szkliniarz, J. Vogt // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. - 2012 - 16 - P. 752- 763
10. Wen Wang, Yuanda Liu, Li Zhang, 2012 The spatial distribution of cereal bioenergy potential in China. *GCB Bioenergy* (2013) 5, 525–535, doi: 10.1111/gcbb.12024.
11. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. *Microbiol Biotechnology* 2010; 85:849–60, doi:10.1007/s00253-009-2246-7.
12. Data and Statistics – IRENA. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies> — (Дата обращения: 10.10.2020).
13. Data and Statistics – IRENA. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.irena.org/Statistic/View-Data-by-Topic/Renewable-Energy-Balances/Country-Profiles> — Country Profiles — (Дата обращения: 10.10.2020).
14. Data and Statistics – IRENA. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series> — Statistics Time Series — (Дата обращения: 10.10.2020).
15. World Bank Open Data. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.CREL.MT?most_recent_value_desc=true&view=chart — Cereal Production (metric tons) — (Дата обращения: 10.10.2020).
16. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ryazagro.ru/APKrayon/> — АПК районов — (Дата обращения: 10.10.2020).
17. База данных показателей муниципальных образований. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst61/DBInet.cgi> — Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий — (Дата обращения: 10.10.2020).
18. ЕМИСС Государственная статистика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/31328> — Посевные площади сельскохозяйственных культур — (Дата обращения: 10.10.2020).
19. Правительство Рязанской области [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ryazangov.ru/upload/iblock/0a2/info_06122_019.pdf — Реализация национальных проектов в Рязанской области — (Дата обращения: 10.10.2020)



References

1. Andreenko T.I. K otsenke ehnergeticheskogo potentsiala otkhodov rastenievodstva: zernovoe khozyaistvo / T.I. Andreenko, S.V. Kiseleva, V.P. Shakun // *Альтернативная энергетика*. – 2014 - № 12 – S. 84-95.
2. Andreenko T. I., Kiseleva S. V., Rafikova YU. YU. Ehnergeticheskii potentsial otkhodov sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva yuzhnykh regionov Rossii (Volgogradskaya oblast', Respublika Krym) // *Vestnik agrarnoi nauki Dona*. — 2017 — № 3 — S. 63–72.
3. Andreenko T. I., Kiseleva S. V., Rafikova YU. YU. Otsenka ehnergeticheskogo potentsiala otkhodov rastenievodstva Krymskogo Federal'nogo okruga // *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*. — 2016 — № 5(20). — S. 449–455.
4. Golubev I.G., Shvanskaya I.A., Konovalenko L.YU., Lopatnikov M.V. R 45 Retsikling otkhodov v APK: spravochnik. — M.: FGBNU «RocinformagroteKH», 2011 – 296 s.
5. Klyus S.V., Zabarnyi G.N. Otsenka i prognoz potentsiala tverdogo biotopliva Ukrainy // *Kompressornoe i ehnergeticheskoe mashinostroyeniye*. - 2011 - №2(24). - S. 8-13.
6. Krinov E.L. Spektral'naya otrazhatel'naya sposobnost' prirodnykh obrazovaniy / Ped. K.V. Chibi-sov // *Akademiya nauk SSSR, Laboratoriya aehrometodov*. 1947 271 s.
7. Popel' O.S., Fortov V.E. Vozobnovlyаемая ehnergetika v sovremennom mire. Uchebnoe posobie. — M.: MEHI, 2015 — 450 s.: il. — ISBN 978-5-383-00959-8.
8. Braun R. Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development. In: *Improvement of crop plants for industrial end uses*. Netherlands: Springer, 2007
9. Sliz-Szkliniarz, B. A GIS-based approach for evaluating the potential of biogas production from livestock manure and crops at a regional scale: A case study for the Kujawsko- Pomorskie Voivodeship [Tekst] / B. Sliz-Szkliniarz, J. Vogtb // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. - 2012 - 16 - P. 752- 763
10. Wen Wang, Yuanda Liu, Li Zhang, 2012 The spatial distribution of cereal bioenergy potential in China. *GCB Bioenergy* (2013) 5, 525–535, doi: 10.1111/gcbb.12024.
11. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. *Microbiol Biotechnology* 2010; 85:849–60, doi:10.1007/s00253-009-2246-7.
12. Data and Statistics – IRENA. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies> — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
13. Data and Statistics – IRENA. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <https://www.irena.org/Statistic/View-Data-by-Topic/Renewable-Energy-Balances/Country-Profiles> — Country Profiles — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
14. Data and Statistics – IRENA. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series> — Statistics Time Series — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
15. World Bank Open Data. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: https://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.CREL.MT?most_recent_value_desc=true&view=chart — Cereal Production (metric tons) — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
16. Ministerstvo sel'skogo khozyaistva i proizvodstviya Ryazanskoi oblasti. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <https://www.ryazagro.ru/APKrayon/> — APK raionov — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
17. Baza dannykh pokazatelei munitsipal'nykh obrazovaniy. [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst61/DBInet.cgi> — Posevnye ploshchadi sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v khozyaistvakh vsekh kategorii — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
18. EMISS Gosudarstvennaya statistika [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: <https://fedstat.ru/indicator/31328> — Posevnye ploshchadi sel'skokhozyaistvennykh kul'tur — (Data obrashcheniya: 10.10.2020).
19. Pravitel'stvo Ryazanskoi oblasti [Ehlektronnyi resurs]. — Rezhim dostupa: https://www.ryazangov.ru/upload/iblock/0a2/info_06122019.pdf — Realizatsiya natsional'nykh proektov v Ryazanskoi oblasti — (Data obrashcheniya: 10.10.2020)

Транслитерация по BSI



International Conference of Artificial Intelligence (IAI) 2021 - международная конференция по искусственному интеллекту

с 2 по 4 июня

Китай, Шанхай, Pine City Hotel

Организатор: International Association for Computer and Information Science (ACIS)

Конференция International Conference of Artificial Intelligence (IAI) 2021 проходит с 2 по 4 июня в городе Шанхай, Китай. Посмотреть, как проехать в место проведения конференции можно на сайте конгрессной площадки. Деловая программа International Conference of Artificial Intelligence (IAI) 2021 может включать несколько потоков или секций и размещается на сайте мероприятия с подробным списком докладчиков. Спикеров конференции International Conference of Artificial Intelligence (IAI) 2021 обычно окончательно утверждают за 1-2 месяца до начала конференции.

expotar.ru

