



СЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА

С.А. Воронцов, студент,
stas13061337@gmail.com

О.Я. Мезенова, д-р техн. наук, профессор,
mezenova@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Приведены результаты исследования возможностей производства экологически безопасных видов топлива, проведенного на территории Калининградской области, на примере твёрдых бытовых и органических отходов, скапливающихся на свалках региона, предприятиях по производству пищевых продуктов. Даны примеры биоэнергетического применения возобновляемого природного сырья на заболоченных территориях. Показано, что Калининградская область имеет достаточный потенциал для производства альтернативных видов топлива, прежде всего, биогаза (биометан и биоэтан).

биотопливо, твердые бытовые отходы, альтернативная энергетика, биогаз, биометан, биоэтан, органические отходы

С каждым годом происходит уменьшение запасов природных источников энергии – нефти, газа и угля, что обусловлено истощением запасов ископаемых видов топлива, ростом их потребления. Эти факты предопределяют неизбежный переход к новым альтернативным источникам энергии, основанным на использовании возобновляемых сырьевых ресурсов.

Австралийские ученые Шахрияр Шейфи и Эркан Топала, чей отчет недавно опубликовал журнал “Energy Policy”, подсчитали, что нефть на планете закончится через 30 лет, уголь – через 102 года, а газ – через 32 года [1]. По их мнению, это значит, что запасов угля хватит до 2112 года, а после 2042 года он будет единственным доступным видом ископаемого топлива.

В России также существует проблема истощения энергетических ресурсов и их негативного влияния на внешнюю окружающую среду за счет добычи и использования. Активные разработки в области альтернативной энергетики сегодня приносят существенные плоды: в настоящее время порядка 7–8% энергии во всем мире добывается за счет альтернативных источников энергии, в том числе биотоплива, при этом в Российской Федерации это направление развивается менее интенсивно, альтернативная энергетика («зеленая энергетика» как часть биоэкономики) составляет не более 1% [2].

Постановлением Правительства РФ №861-р от 28 мая 2013 года было регламентировано, что доля зеленой энергетики на оптовом рынке к 2020 году должна составить 2,5% или около 6 ГВт. В 2015 г. Правительством РФ были приняты меры по стимулированию использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на розничном рынке. Так, сетевые организации обязали закупать их электроэнергию, но не более 5% от объема потерь в сетях. Механизм поддержки распространяется на объекты зеленой энергетики, использующие биогаз, биомассу, свалочный газ, энергию солнца, ветра и малую гидроэнергетику [3].

В настоящее время в нашей стране разрабатываются и запускаются актуальные высокотехнологичные проекты зеленой энергетики, связанные, прежде всего, с энергией солнца, воды и биотоплива. Наиболее ярким примером является проект «биоэнергетической деревни», предусматривающий комплексное использование ВИЭ для обеспечения жизни и деятельности людей с производством ценных продуктов и переработкой всех видов органических и бытовых отходов.

В марте 2016 года Российской технологической платформой «Биоэнергетика» и Специальным Агентством по возобновляемым ресурсам (FNR, Германия) при участии Общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова были организованы мероприятия, посвященные выработке концепции и модели реализации создания в российских регионах «биоэнергетической деревни» – энергетически автономного поселения за счет комплексного использования возобновляемых источников энергии. При этом рассмотрены меры государственной поддержки, необходимые для успешного развертывания проекта [4].

Калининградская область в силу своей оторванности от остальной России не имеет возможности получать энергию напрямую, из-за чего приходится выделять дополнительные средства на транзит через страны Европы. В связи с этим актуальным является развитие «зеленой энергетики» за счет использования ВИЭ.

Целью настоящего исследования являлось выявление возможности развития в Калининградской области зеленой биоэнергетики за счет использования ВИЭ для производства биогаза – биометана и биоэтанола – из имеющихся источников биомассы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: определение количеств и объемов областных свалок твердых бытовых отходов (ТБО), оценка потенциала заболоченных территорий региона, анализ органических отходов птицефабрик, животноводческих и растениеводческих ферм.

По данным И.Р. Рагулиной, на 2006 год на территории нашего региона действует 21 полигон для приема отходов, производимых в муниципальных образованиях Калининградской области, и более 160 свалок ТБО общей площадью около 140 га. Все они расположены в неблагоприятных по геолого-гидрологическим условиям местах: на торфяниках и заболоченных участках, в песчаных карьерах. Большое число свалок существуют в водоохраных и рекреационных зонах, на берегах рек и заливов [5].

Общий объем ТБО, накопленный в области к началу 2015 года, составил 9,6 млн. т (38,2 млн. м³). Организованная система сбора, учета, хранения, переработки и обезвреживания отходов в регионе отсутствует, из-за чего имеется острая потребность в создании полигонов для их утилизации. Самой большой свалкой нашего региона является полигон ТБО в пос. А. Космодемьянского, который был организован в 1978 году. На данный момент его площадь составляет более 20 га, а уровень заполнения уже достиг более 100%. Полигон находится в водоохранной зоне р. Преголи и оказывает крайне негативное влияние на поверхностные, грунтовые воды и атмосферный воздух выделениями метана и двуокиси углерода (рис. 1).



Рисунок 1 – Свалка в пос. А. Космодемьянского, Калининградская область

Ежегодно на свалку в районе пос. Космодемьянского вывозится около 300 тыс. т ТБО, из которых самопроизвольно образуется 10–11 млн. м³ свалочного газа, содержащего 60–70% метана, 30–40% углекислого газа, а также в незначительных количествах азот, кислород, водород и другие составляющие [6].

Данный газ целесообразно использовать исходя не только из экологических, но и экономических соображений. Его утилизация в котельной пос. А. Космодемьянского позволила бы ежегодно экономить 7,3 тыс. т угля или 4,4 тыс. т мазута, которых хватило бы на 20–25 лет.

По усредненным оценкам региональной администрации, бытовой мусор имеет следующий состав: пищевые отходы (органические) – 33%; другие органические отходы – 9%; бумага, картон – 12%; металлы – 2%; стекло – 8%; пластиковые бутылки и другие пластиковые отходы – 16%; строительные отходы – 11%; другие неорганические отходы – 9%.

По теплоте сгорания ТБО приближаются к низкокалорийным углям и рассматриваются как весьма распространенное и постоянно возобновляемое местное топливо. При низшей теплоте сгорания 5–8 МДж/кг энергетический потенциал горючей части ТБО, т.е. без учета пластмасс, стекла, металла, строительных отходов, составит 1141–1826 ТДж (на 2015 год), что эквивалентно 4,8% тепловой энергии, ежегодно потребляемой областью, и может заменить сжигание 45,5 тыс. т угля или 27,2 тыс. т мазута [5].

Для получения биогаза можно использовать не только твердые бытовые отходы, но и широкий спектр органических источников – сточные воды, твердые и жидкие отходы агропромышленного комплекса, пищевых предприятий, лесопромышленного комплекса.

Современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, однако наиболее эффективны в переработке отходы животноводческих и птицеводческих ферм, сельскохозяйственных предприятий и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

На территории Калининградской области существуют более 53 крупных животноводческих хозяйств, таких как ООО «Залесское молоко», ЗАО «Нестеровское», ЗАО «Правдинское свинопроизводство», ООО «Гурьевская птицефабрика», ЗАО «Гурьевское звероводческое хозяйство», а также ООО «Янтарь» [7]. При этом в Калининградской области на конец сентября 2016 года поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий составило 119,1 тыс. голов. Состав данного количества: коров – 51,8 тыс. голов, свиней – 184,3 тыс. голов, овец и коз – 100,1 тыс. голов, птицы – 2,493 млн. голов. В сельскохозяйственных организациях на конец сентября 2016 года по сравнению с соответствующей датой 2015 года выросло поголовье крупного рогатого скота на 1,5%, коров – на 6,3, свиней – на 13,5, овец и коз – на 25,8, птицы – на 2,2%.

Значение управления в области работы с отходами будет увеличиваться с ростом интенсивности сельскохозяйственного производства. Среди отходов животноводческого производства первое место занимает навоз, но сюда также входят подстилочные материалы, кормовые отходы, вода и прочее. В табл. 1 приведены характеристики навоза, сюда же для сравнения включены и органические отходы человека.

Высокое содержание органических соединений в отходах животноводства обеспечивает отличную среду для роста бактерий, которые поглощают кислород и сохраняют сырьё в анаэробическом состоянии. Анаэробическое действие способно создавать целый ряд известных ядовитых газообразных побочных продуктов, включая двуокись углерода, метан, сероводород и аммиак.

Отходы различных структур требуют различных приемов работы и, следовательно, могут представлять разные угрозы для здоровья и безопасности. Уменьшение объема твердых отходов или отходов с малым содержанием влаги, в общем, позволяет снизить затраты на оборудование и требования к энергоснабжению, однако на данном этапе система переработки с трудом поддается автоматизации.

Таблица 1 – Физические свойства навоза, вырабатываемого за день, на 1000 фунтов живого веса за вычетом влаги [8]

Вид органических отходов (навоз от)	Масса (кг)	Быстрорастворяющиеся составляющие (кг)	Влага (%)	
			выделенная	обработанная
Молочной коровы	36–38,5	0,630–0,680	85–90	Более 98
Мясной коровы	26–28,5	2,5–2,9	87–89	45–55
Поросят на откорме	28,6	2,5	90	91
Свиноматки с приплодом	30,8	2,7	90	96
Курицы-несушки	27,2	4,9	75	50
Бройлера	36,3	6,8	75	24
Индейки	20	4,4	75	34
Ягненка (овцы)	18	3,7	75	–
Человека	13,6	0,861	89	99,5

Складирование твёрдых отходов животноводства становится все более обязательным с увеличением сезонного разнообразия местных культур. Возможности для их утилизации включают в себя использование в качестве подпитки растений, мульчирующего средства, животного корма, подстилки или источника для производства энергии.

На рис. 2 приведены данные о содержании метана в газе (%), образующемся при переработке различных органических отходов

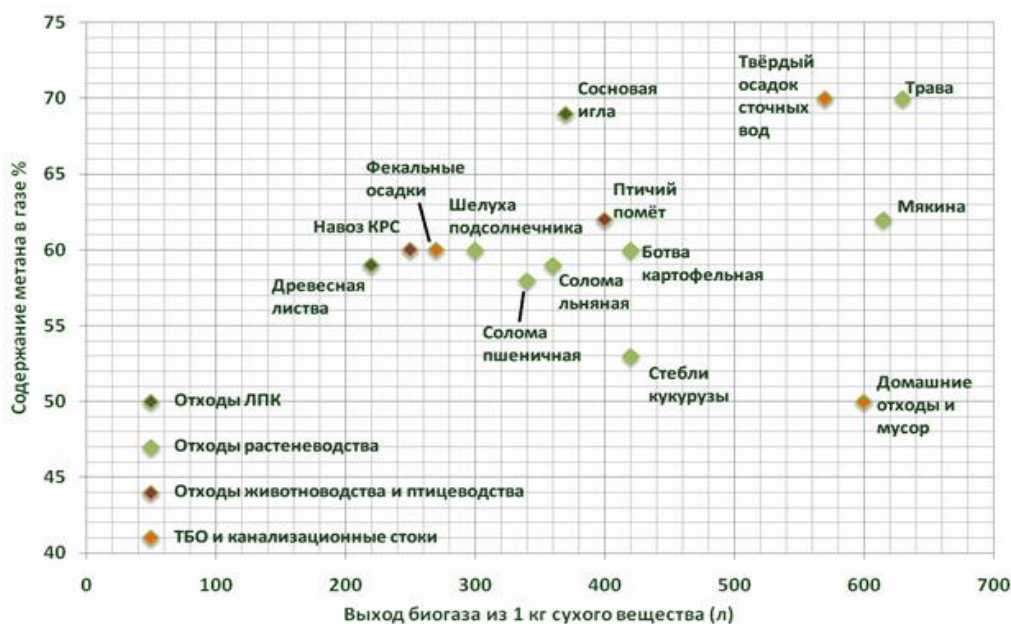


Рисунок 2 – Зависимость содержания метана (% в 1 кг сухого вещества), выхода биогаза (л на кг сухого вещества) от вида органического сырья

Из данных рис. 2 видно, что современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, но наиболее эффективно использовать технологии для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм, предприятий АПК и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

Одной из основных проблем животноводческих хозяйств и перерабатывающих предприятий в нашей области является контроль водоотводов и почвы ввиду их загрязнения органическими отходами, исходящими из данных объектов [9].

В качестве примера можно привести недавний случай, произошедший с выбросом неочищенных производственных отходов в Гурьевском районе в р. Преголю и выявленный

активистами Зеленого патруля совместно с представителями Калининградской природоохранной прокуратуры, а также общественной инспекцией «ЭкоРыбОхот». Нарушение обнаружено вблизи пос. Низовье, где в водоем попадают отходы рыбообработывающего предприятия ОАО «Барс» (пос. Родники). Было установлено, что сброс осуществляется регулярно в течение суток с интервалом примерно в полчаса. Стойкий неприятный запах ощущается в окрестностях круглый год, при этом летом он значительно усиливается. По информации патруля, местные жители не раз обращались к властям Гурьевского района, но никакой помощи не получили.

Данный случай не является единичным, поскольку в нашем регионе отсутствует система переработки органических отходов. В местах для складирования твердых и жидких отходов необходим жёсткий контроль водостоков, поверхностных и грунтовых вод.

Переработку отходов животноводческих хозяйств необходимо осуществлять непосредственно в хозяйствах, поскольку перемещение жидкого навоза представляет высокую опасность из-за меркаптанов, производимых анаэробическим компостированием. Меркаптаны (серосодержащие газы) являются основной причиной неприятного запаха, кроме того, они токсичны. Наиболее опасным является сероводород (H_2S), способный при концентрации его в воздухе от 50 до 100 ppm парализовать обоняние, что лишает человека возможности распознать быстро наступающие высокие уровни токсичности [8]. Характеристики сероводорода приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Некоторые важные токсикологические показатели по сероводороду H_2S

Физиологический или регулирующий предел	Частей на миллион (ppm)
Порог обнаружения запаха (запах тухлого яйца)	0.01–0.1
Резкий запах	3–5
TLV-TWA ¹ = рекомендуемый предел воздействия	10
TLV-STEL ² = рекомендуемый 15-минутный предел воздействия	15
Обонятельный паралич (запах не чувствуется)	50–100
Бронхит (сухой кашель)	100–150
IDLH ³ (пневмония и отек легкого)	100
Быстрая остановка дыхания (смерть через 1–3 вдоха)	1000–2000

Примечание:

¹ TLV-TWA = Значения порогового предела – Средневзвешенное время;

² STEL = Уровень краткосрочного воздействия;

³ IDLH = Непосредственно опасное для жизни и здоровья.

Строительство биогазовых станций имеет эффективную экономическую составляющую. Это позволит предприятию не зависеть от растущих тарифов на энергоносители, обеспечит доступ к дешёвым источникам тепла и электроэнергии (себестоимость производства тепла и электроэнергии на биогазовой станции составляет 0,5–0,6 руб. за кВт · ч). Конечную продукцию биогазовой станции составляют тепло, электроэнергия, сжиженный газ, удобрения, чистая вода и углекислый газ.

По данным [10], выход биогаза из основного органического сырья составляет:

- одна голова КРС дает в год 300–500 м³ биогаза;
- один га луговой травы – 6000–8000 м³;
- один га кормовой свеклы – 8000–12000 м³;

Производство биогазовой станции на 1 м³ биогаза может обеспечить:

- 1,5–2,2 кВт · ч электроэнергии и 2,8–4,1 кВт · ч тепла или эквивалент 1 л дизельного топлива;
- 0,3–0,4 м³ углекислого газа;

- 4–4,5 кг сухого вещества удобрений;
- 35–40 л воды.

Кроме того, биогазовые установки способны вырабатывать из древесного сырья около 100 м³ биогаза в час.

При условии комплексного использования продукции биогазовой станции срок окупаемости проекта составляет порядка 3–7 лет. Чем выше производительность биогазовой установки, тем выше ее рентабельность и короче срок окупаемости.

Другим источником получения биотоплива является лигноцеллюлозное сырье (травы, кустарники, деревья), особенно быстро возобновляемое в природе. В Калининградской области достаточно много заболоченных земель, непригодных для сельского хозяйства, но пригодных для выращивания ивы, которая отличается быстрым ростом. Ива может стать перспективным источником получения твердых видов биотоплива, а также биогаза и биоэтанола.

В ряде европейских стран (Англия, Дания, Швеция, Польша, Эстония и др.) быстрорастущие виды ивы (*Salix viminalis*, *Salix dasyclados* и др.) широко культивируются для короткоциклового воспроизводства энергетической биомассы. Скашивают прутняк высотой 4–7 м в среднем раз в 3–4 года, затем перерабатывают стебли в щепу, которую сжигают как в традиционных, так и в специальных установках для получения тепла и электроэнергии. Полное время функционирования продуктивной плантации после ее закладки составляет 24–25 лет, после чего корни ивы полностью измельчаются, почва рекультивируется и готовится под новую плантацию или посадку другой культуры [5].

В заключение можно сделать вывод, что потенциал нашего региона в части биоэнергетических источников, включающих полигоны ТБО, органические отходы животноводческого и пищевого секторов, биомассы возобновляемых растений, достаточно высок. При биотехнологической переработке данных источников наша область сможет не только улучшить экологическую обстановку, оптимизировав работу полигонов ТБО, но и получить дополнительные виды энергии, возвращающиеся в производство, что позволит существенно сократить все затраты, связанные с выпуском продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Администрация города Чебоксары. «Альтернативная энергетика – тенденции и прогнозы»: электронное издание – 2011 [Электронный ресурс]. URL: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=102&id=1092662 (дата обращения 29.10.2016).
2. Альтернативная энергетика. Будущее альтернативной энергетике в России [Электронный ресурс] // Альтернативная энергия. URL: <http://altenergiya.ru/apologiya/budushhee-alternativnoj-energetiki-v-rossii.htm>. (дата обращения 17.10.2016).
3. Капитонов, И.А. Альтернативная энергетика: близок ли конец эпохи углеводородов? / И.А. Капитонов // XX Петербургский международный экономический форум. Информационное агентство России ТАСС – 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://tass.ru/pmef-2016/article/3342511> (дата обращения 25.10.2016).
4. Общество биотехнологов России. Проект «Биоэнергетическая деревня»: электронное периодическое издание – 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.biorosinfo.ru/glavnye-sobytiya/2870/> (дата обращения 19.10.2016).
5. Рагулина, И.Р. Биоэнергетический потенциал Калининградской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Рагулина Изумруд Рамазановна; БГА. – Калининград, 2007. – 6 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.dissercat.com/content/bioenergeticheskii-potentsial-kaliningradskoi-oblasti> (дата обращения 28.10.2016).
6. Новостной портал Klops.ru. В регионе культивируют 32 полигона ТБО: электронное издание – 2011 [Электронный ресурс]. Новостной портал Калининградской области. URL: <https://klops.ru/news/obschestvo/116703-v-regione-rekultiviruyut-32-poligona-tbo> <http://www.biorosinfo.ru/glavnye-sobytiya/2870/> (дата обращения 17.10.2016).

7. Агроинфо. «Справочник сельхозпредприятий Северо-Западного федерального округа» [Электронный ресурс] //Агроинфо. URL: <http://agroinfo.com/hozyajstva/szfo/#3> (дата обращения 18.10.2016).

8. Груа, Ж.-В. Энциклопедия по охране и безопасности труда: процессы управления органическими отходами [Электронный ресурс] // электронная версия Энциклопедии МОТ. URL:<https://base.safework.ru/iloenc?navigator&spack=110LogLength%3D0%26LogNumDoc%3D857200489%26listid%3D01000000100%26listpos%3D7%26lsz%3D21%26nd%3D857200489%26nh%3D1%26>. (дата обращения 17.10.2016).

9. Biogas Energy. Сырьё для получения биогаза. Таблица – 2007 [Электронный ресурс] URL: <http://biogas-energy.ru/materials/> (дата обращения 30.10.2016).

10. УралПромКомплект. Интернет-магазин. Биогазовая установка для животноводческих комплексов [Электронный ресурс] // УралПромКомплект. URL: <http://www.uralpk.net/page86/> (дата обращения 30.10.16).

PRODUCTION OF BIOFUELS: POTENTIAL USE OF KALININGRAD REGION'S RAW MATERIALS

S.A. Vorontsov, student, Kaliningrad State Technical University
stas13061337@gmail.com

O. Mezenova, Dr. Sc., Professor, Kaliningrad State Technical University
mezenova@klgtu.ru

The paper presents results of the research, the main focus of which was to explore the possibilities for production of ecologically-safe fuels in Kaliningrad's region. The work is based on examination of solid domestic waste and organic wastes, left in landfills and food production plants' area. Besides, examples of bioenergetic use of renewable natural raw materials in marshy land are given. It is corroborated, that the region has the potential to manufacture alternative fuels, primarily biogases (biomethane, bioethane).

biofuels, municipal solid waste, alternative energy, biogas, biomethane, bioetan, organic waste