

Альтернативная энергетика

УДК 504.062.2:330.15

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Семенова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск
E-mail: ksenia_ska@mail.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования методов количественной оценки биоэнергетического потенциала территории для определения его значимости в диверсификации современной структуры энергопотребления предприятий региона.

Цель работы: провести оценку возможности использования местных возобновляемых видов топлива и показать пространственное распределение биоэнергетического потенциала по территории региона.

Методы исследования: использованы сравнительно-географический, расчетно-статистический и картографический (программный продукт ArcGis) методы.

Результаты: выявлены и количественно охарактеризованы потенциальные биоэнергетические источники Томской области общим объемом 1287 млн кВт·ч/год, оценена плотность их распределения по территории – от 46 до 7515 кВт·ч/км²; проанализирован биоэнергетический потенциал Томской области с позиции возможности ресурсосбережения, производства и преобразования энергии на органическом топливе для повышения энергоэффективности Томской области; выявлена возможность ежегодной экономии 160 тыс. т каменного угля, или 110 тыс. т дизельного топлива.

Ключевые слова:

Биоэнергия, получение биогаза, природно-ресурсный потенциал, рациональное природопользование, ГИС-технологии, энергоэффективность, диверсификация структуры энергопотребления.

Неминуемо перед человечеством встает вопрос, как отсрочить полное исчерпание невозобновляемых ресурсов или найти им равноценную замену. К сожалению, технологий по получению искусственной энергии, эквивалентной по содержанию той, что содержится в природных ресурсах, до сих пор нет. В научной среде осознана необходимость изучения энергетической эффективности функционирования природных, естественным образом развивающихся систем, сравнения их с социально-экономическими, с тем чтобы, с одной стороны, найти пути неистощительного природопользования, а с другой – определить возможности энергетического самообеспечения производства.

Во всех видах производства образуются отходы, не включающиеся в дальнейшую переработку. Они содержат в себе определенную потенциальную энергию, не учитываемую при эколого-экономических оценках. Одним из путей решения проблемы получения альтернативной энергии учеными и практиками предлагается внедрение в структуру предприятий технологий переработки производи-

мых отходов, использование которых приведет к энерго- и ресурсосбережению, их утилизации и значительному сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу. Количество энергии, которое теоретически возможно получить из производимых отходов, составляет $54 \cdot 10^{18}$ Дж в развивающихся странах и $42 \cdot 10^{18}$ Дж в развитых [1].

Так, использование биомассы осуществляется при термохимической конверсии дров и древесных отходов, торфа (прямое сжигание, газификация, пиролиз и пр.) и биотехнической конверсии отходов сельского хозяйства, осадков канализационных очистных систем, полигонов ТБО (биогаз) [2]. Во многих странах мира эксплуатируются биотопливные установки, позволяющие в некоторых случаях получать полную энергетическую самообеспеченность животноводческих комплексов. Только благодаря выработке и использованию биогаза потребности западноевропейского животноводства в тепловой энергии за последние 10 лет сократились более чем на треть [3]. Ежегодно в Томской области образуется около 1,6 млн т органиче-

ских отходов – это существенный потенциал для использования нетрадиционных (альтернативных) источников энергии на основе переработки сельскохозяйственных отходов.

Использование биотопливных технологий может обеспечить повышение энергетической независимости и экономической стабильности территории области, а также снизить негативное влияние на окружающую среду. Анализ баланса биоэнергии дает возможность выносить оптимальные решения в рациональном, неистощимом природопользовании и позволяет в максимальной степени реализовывать конкурентные преимущества Томской области.

Идея энергетической оценки природных объектов появилась еще в конце XIX в., но широкое развитие она получила с середины XX в. в европейских и американских научных кругах. Впервые в области геоэкологии Б. Костанца и Р. Хэннон [4] сделали попытку оценить первичные массовые и энергетические потоки в биосфере. Работа Г. Одума «Ecological Accounting» [5] явилась методологической основой проведения исследований по оценке энергетической эффективности функционирования геосистем во многих странах, включая Россию.

В нашей стране научное направление, базирующееся на энергетическом подходе, разрабатывается сравнительно недавно и в настоящее время находится в стадии становления и развития. Известны работы Е.А. Денисенко [6], О.В. Фельдмана, Д.О. Логофета [7], А.С. Миндрина [8] по энергетическому анализу эффективности агросистем; Г.А. Булаткина [9, 10], с энергетических позиций оценивающего почвенно-агрехимические, экологические и технологические условия устойчивого функционирования агроэкосистем. Также следует отметить работы И.И. Брюера, Е. Флеминга [11], Л.Г. Прищепа [12], И.Р. Рагулиной [2] и др. На региональном уровне были сделаны расчеты природно-ресурсного потенциала по основным энергетическим характеристикам области томскими учеными, такими как Лукутин Б.В., Севостьянов В.В., Задде О.Г, Инишева Л.И., Данченко А.М и др. В результате анализа оценены сезонные и региональные особенности энергопотенциала и выделены районы его перспективного использования [13]. Труды и идеи перечисленных выше авторов положили начало энергетическому подходу для оценки функционирования природных объектов и выявлению возможностей получения энергии из возобновляемых ресурсов.

По данной проблеме с 1995 г. ведутся исследования в лаборатории самоорганизации геосистем Института мониторинга климатических и экологических систем [14–18]. В частности, разработан алгоритм проведения исследований по энергетической оценке хозяйственной деятельности агроэкосистем, разработана перспективная модель функционирования агроэкосистемы с внедрением биогазовых технологий; проводятся исследования по

оценке энергетического бюджета Томской области.

Методологической основой достижения цели выбран системный подход; разработана методика эколого-энергетической оценки природно-ресурсного потенциала, позволяющая районировать территорию Томской области по степени обеспеченности ее биоэнергетическим потенциалом; обозначить перспективы развития, расширить диапазон и эффективность использования вовлекаемых в оборот возобновляемых, малоиспользуемых и неиспользуемых природных энергоресурсов, а также оценить целесообразность внедрения альтернативных источников в структуру энергопотребления Томской области. Оценка плотности пространственного распределения биоэнергетических источников по территории Томской области проведена на основе анализа статистических данных, использования картографических материалов, с учетом их экономической рентабельности и доли участия в диверсификации энергопотребления в народном хозяйстве Томской области.

В Томской области функционируют более 100 сельскохозяйственных организаций, 125 тыс. личных подсобных хозяйств, 770 крестьянских (фермерских) хозяйств и 1600 индивидуальных предпринимателей. На юге Томской области концентрация животноводства и растениеводства довольно высока, что позволяет получать значительные объемы органических отходов, при переработке которых появляются дополнительные источники энергии в виде биогаза, особенно необходимые удаленным населенным пунктам (около 80), так как более 50 % территории Томской области, на которой проживает 30 тыс. человек, не охвачены сетями централизованного электроснабжения. Низкая плотность населения северных районов и их слабая производственная освоенность делают подключение этих территорий в централизованную систему энергообеспечения с экономической точки зрения нецелесообразным, а эксплуатация локальных дизельных электростанций убыточна из-за высоких расходов на транспортировку топлива.

Имеющиеся в современном арсенале технологии при их рациональном использовании позволяют получать дополнительную энергию из отходов животноводства (ОЖВ), в результате утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) и переработки осадка сточных вод (ОСВ), решить ряд экологических проблем. Для оценки потенциальных возможностей получения дополнительной энергии из отходов использованы следующие методологические подходы.

Так, биоэнергия, получаемая из отходов животноводства, рассчитывалась по формуле:

$$E_{\phi} = T\delta \cdot N\delta + T\beta \cdot N\beta,$$

где E_{ϕ} – получение энергии биогаза из ОЖВ, млн кВт·ч/год; $T\delta$ – средняя норма получения энергии биогаза с 1 головы крупного рогатого скота,

кВт·ч/гол.; $N\delta$ – количество голов КРС, гол.; $T\beta$ – средняя норма получения энергии биогаза с 1 свином, кВт·ч/гол.; $N\beta$ – количество голов свиней, гол. При этом средняя норма получения энергии (сжигание биогаза) от 1 головы КРС принята 3400 кВт·ч/год, а от 1 свином – 970 кВт·ч/год [1].

Большая часть муниципальных отходов (ТБО) представляет собой биологические материалы, а их размещение на полигонах создает пригодные условия для анаэробного сбраживания. Расчет получения биоэнергии из твердых бытовых отходов произведен по нормам накопления (количество отходов, образующихся на расчетную единицу в единицу времени) ТБО:

$$E_t = (T\gamma \cdot N\gamma + T\varepsilon \cdot N\varepsilon)k\tau,$$

где E_t – получение биоэнергии из ТБО, млн кВт·ч/год; $T\gamma$ – средняя норма накопления отходов городскими жителями, т/год; $N\gamma$ – количество городских жителей, чел.; $T\varepsilon$ – средняя норма накопления отходов сельскими жителями, т/год; $N\varepsilon$ – количество сельских жителей, чел.; $k\tau$ – теплота сгорания ТБО.

Средняя норма накопления ТБО по России на городского жителя составляет 1,2 кг/чел/сутки (438 кг/чел/год), на сельского – 0,52 кг/чел/сутки (190 кг/чел/год с условием кормления домашних животных пищевыми отходами). Низшая теплота сгорания на рабочую массу принята 5,8 ГДж/т, или 1,61 МВт·ч [19]. В расчете не учитывался уже накопленный объем ТБО.

Биоэнергия, получаемая из осадка сточных вод, оценена по формуле:

$$E_\mu = T_\mu \cdot N_\mu \cdot k_\mu,$$

где E_μ – получение биоэнергии из ОСВ, млн кВт·ч/год; T_μ – средняя норма накопления ОСВ жителями, т/год; N_μ – количество жителей, чел.; k_μ – теплота сгорания ОСВ.

Расчет произведен по средней норме накопления ОСВ по России, 0,26 кг/чел/сутки (0,0949 т/чел/год), и низшей теплоте сгорания, равной 2000 ккал/кг, или 2,33 МВт·ч/т [19], с использованием статистических данных Росстата [20].

Результаты оценки биоэнергетического потенциала области представлены в табл. 1.

С учетом минимального КПД биогазовых установок (70 %) потенциальная биоэнергия на выходе будет составлять 0,7 Е от теоретически рассчитанной, из них 65 % в виде теплоэнергии, а 35 % – электроэнергии (табл. 2), но на сегодняшний день существуют установки и с более высоким КПД.

Разработанная методика позволила районировать территорию Томской области по степени обеспеченности ее биоэнергетическим потенциалом с помощью ГИС-технологий (рис. 1).

Таблица 1. Оценка биоэнергетического потенциала ОЖВ, ОСВ и ТБО по административным районам Томской области

Административные районы	Биоэнергия ОЖВ, млн кВт·ч/год	Биоэнергия ТБО, млн кВт·ч/год	Биоэнергия ОСВ, млн кВт·ч/год	Потенциальная биоэнергия (Е), млн кВт·ч/год
Александровский	2,34	2,99	2,17	7,50
Асиновский	31,15	22,65	8,56	62,36
Бакчарский	22,20	4,28	3,10	29,58
Верхнекетский	4,01	8,93	4,00	16,94
Зырянский	35,54	4,55	3,29	43,39
Каргасокский	6,32	6,94	5,02	18,28
Кожевниковский	65,57	6,78	4,91	77,26
Колпашевский	8,61	23,37	9,55	41,53
Кривошеинский	23,95	4,64	3,36	31,96
Молчановский	7,42	4,34	3,14	14,90
Парабельский	8,61	3,73	2,70	15,03
Первомайский	20,37	6,14	4,44	30,96
Тегульдетский	4,77	2,41	1,75	8,93
Томский	231,81	20,41	14,77	266,99
Чаинский	21,07	3,94	2,85	27,86
Шегарский	23,28	6,36	4,61	34,25
гор. округ «г. Томск»	6,06	359,90	115,33	481,29
г. Кедровый	0,80	2,47	1,04	4,31
г. Стрежевой	4,04	31,52	9,88	45,45
ИТОГО:	531,15	526,37	229,63	1287,16

Таблица 2. Оценка потенциальных возможностей производства электроэнергии и тепловой энергии при эксплуатации биогазовых установок

Административные районы	Электроэнергия, млн кВт·ч	Тепловая энергия, млн кВт·ч
Александровский	1,84	3,41
Асиновский	15,28	28,37
Бакчарский	7,25	13,46
Верхнекетский	4,15	7,71
Зырянский	10,63	19,74
Каргасокский	4,48	8,32
Кожевниковский	18,93	35,15
Колпашевский	10,18	18,90
Кривошеинский	7,83	14,54
Молчановский	3,65	6,78
Парабельский	3,68	6,84
Первомайский	7,58	14,09
Тегульдетский	2,19	4,06
Томский	65,41	121,48
Чаинский	6,83	12,68
Шегарский	8,39	15,58
гор. округ «г. Томск»	117,92	218,99
г. Кедровый	1,06	1,96
г. Стрежевой	11,13	20,68
ИТОГО	315,35	585,66

Энергетический потенциал ТБО, ОСВ и отходов животноводства

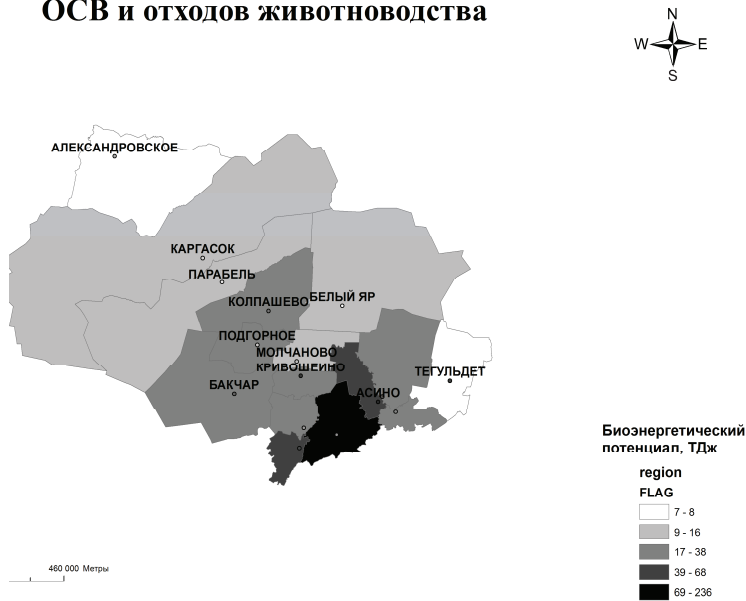


Рис. 1. Потенциальные возможности производства электроэнергии при эксплуатации биогазовых установок по административным районам Томской области

На основании интегральной оценки биоэнергетического потенциала в Томской области выделены 5 типов территории: с относительно высоким биоэнергетическим потенциалом – 69–236 ТДж, средним – 39–68 ТДж, низким – 17–38 ТДж, наиболее низким – 9–16 ТДж и незначительным – 7–8 ТДж (рис. 1). Карта потенциальных возможностей производства электроэнергии показывает, что южные районы области, с развитым сельским хозяйством и густой населенностью, обладают вы-

соким биоэнергетическим потенциалом (от 39 до 236 ТДж в год), что подтверждается плотностью распределения биоэнергетических источников в Томском, Кожевниковском, Зырянском, Асиновском, Шегарском, Чаинском районах Томской области (рис. 2).

На территории области можно выделить две основные группы: районы-доноры и районы-потребители (рис. 3). Районы-доноры имеют потенциальные биоэнергетические ресурсы для удовле-

Плотность распределения потенциальных биоэнергетических источников по территории, кВт*час/км²

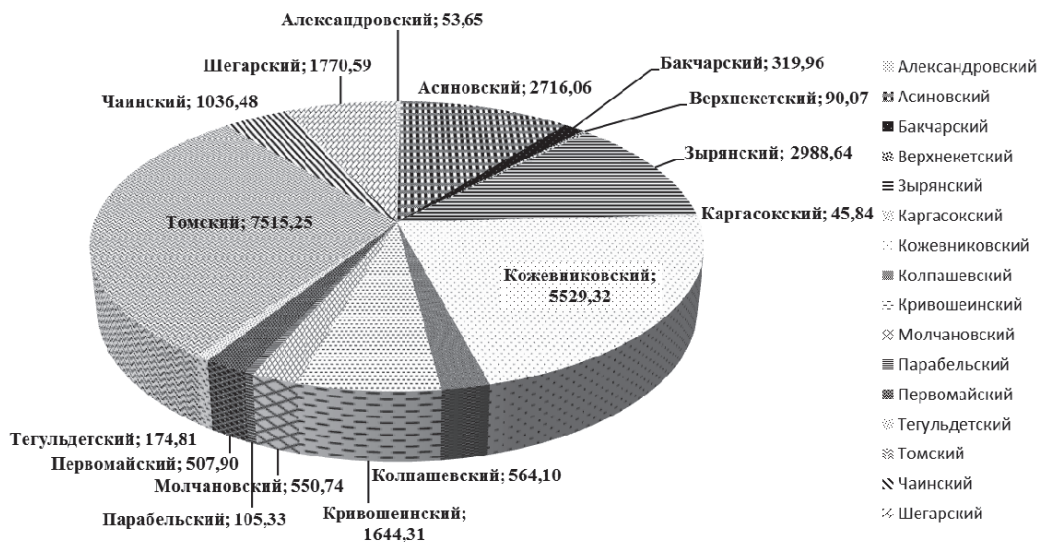


Рис. 2. Диаграмма плотности распределения потенциальных биоэнергетических источников по территории Томской области

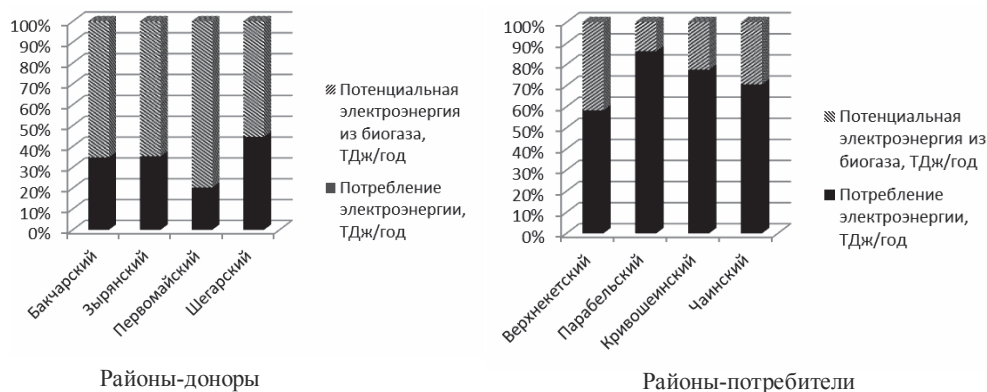


Рис. 3. Долевое соотношение потребляемой Томской областью электроэнергии к потенциально производимой из биогаза

творения собственных потребностей в электроэнергии, а также для передачи части энергии в соседние районы-потребители.

Дополнительный источник электроэнергии в виде биогаза позволит повысить энергетическую независимость и стабильность районов-доноров (Бакcharский, Зырянский, Первомайский и Шегарский районы), а также покрыть большую часть энергорасходов районов-потребителей (Верхнекетский, Парабельский, Кривошеинский и Чаинский районы).

Выводы

В целом, по нашим расчетам, в Томской области ежегодный энергетический потенциал горючей части ТБО, т. е. без учета пластмассы, стекла, металла, строительных отходов и т. п., составляет 1896 ТДж, что эквивалентно 3,9 % потребляемой областью тепловой энергии (по данным Росстата, отпуск тепловой энергии в 2009 г. составил 11659,1 тыс. Гкал). С учетом того, что электропотребление в Томской области в 2009 г. оценивалось в 9642,6 млн кВт·ч, использование биогазовых технологий позволит сэкономить 3,3 % электроэнергии от общего объема электропотребления.

Так как в России уже имеется определенный опыт по проектированию и строительству биоэнергетических комплексов для животноводческих ферм и птицефабрик (ЗАО Центр «ЭкоРос», г. Москва; ООО «Фактор Лтд», г. Москва; ООО «СИ-

ПРИС», г. Омск; Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), г. Москва; НТЦ «Агроферммашпроект», г. Москва), а также разработаны проекты автономных мини-ТЭЦ, работающих на биогазе (ЗАО «Автономный ЭнергоСервис», г. Москва; ЗАО «Энергетический комплекс», г. Волгоград) [3], рекомендуется возвести аналогичные сооружения и в выявленных районах-донорах. Биогазовые установки целесообразно сооружать на крупных животноводческих комплексах, а также принимать меры по развитию низкоуглеродной и альтернативной энергетики, по расширению использования возобновляемых источников энергии, а также по разработке и внедрению инновационных технологий во всех отраслях энергетического сектора Томской области.

Таким образом, выявлены и количественно охарактеризованы потенциальные биоэнергетические источники Томской области общим объемом 1287 млн кВт·ч/год, оценена их плотность распределения по территории – от 46 до 7515 кВт·ч/км²; проанализирован биоэнергетический потенциал Томской области с позиции возможности ресурсосбережения, производства и преобразования энергии на органическом топливе для повышения энергоэффективности Томской области; выявлена возможность ежегодной экономии 160 тыс. т каменного угля, или 110 тыс. т дизельного топлива.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-05-98060-р_сибирь_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии использования возобновляемых источников энергии // Дистанционный интернет курс. 2005. URL: <http://www.ecomuseum.kz/dieret/dieret.html> (дата обращения: 25.09.2007).
2. Рагулина И.Р. Биоэнергетический потенциал Калининградской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2007. – 23 с.
3. Сатликова Д.Ф., Дружакина О.П. Перспективы использования органических отходов животноводства как возобновляемого источника энергии // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 2. – С. 73–74.
4. Hannon B., Costanza R., Ulanowicz R. A general accounting framework for ecological systems: a functional taxonomy for connectivist ecology // Theoretical Population Biology. – 1991. – P. 78–104.
5. Howard T. Odum. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making. – NY: Incorporated Wiley, John & Sons, 1996. – 370 p.
6. Денисенко Е.А. Механизмы функционирования и структурной организации агроэкосистем. – М.: Ин. геогр. АН РФ, 1990. – 160 с.
7. Фельдман О.В., Денисенко Е.А., Логофет Д.О. Энергетический подход при оценке эффективности использования ресурсов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – М.: ВИНТИ, 1998. – С. 66–81.
8. Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции: дис. ... д-ра экон. наук. – М., 2003. – 294 с.

9. Булаткин Г.А. Энергетическая эффективность применения удобрений в агроценозах. – Пушчино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983. – 46 с.
10. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2007. – 45 с.
11. Брювер И.И., Флеминг Е. Энергетический баланс системы производства и использования продуктов питания США. – М.: ВНИИТЭИ, 1980. – Инф. бюл. № 56563. – С. 7–9.
12. Прищеп Л.Г. Методика биоэнергетической оценки эффективности технологий в орошаемом земледелии. – М.: ВАСХНИЛ, 1989. – 69 с.
13. Данченко А.М., Задде Г.О., Земцов А.А. и др. Кадастр возможностей / под ред. Б.В. Лукутина. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 280 с.
14. Поздняков А.В. Стратегия российских реформ. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 1998. – 272 с.
15. Семенова К.А., Поздняков А.В. Энергетический анализ эффективности функционирования агроэкосистем на примере крестьянского хозяйства «СоМер-2». – Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. – 132 с.
16. Семенова К.А., Шуркин А.И., Алибаева А.А. Инновационные пути повышения энергетического самообеспечения производства // Многопрофильный научный журнал «3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация». – 2012. – № 3. – С. 61–66.
17. Фузелла Т.Ш. Энергетическая оценка функционирования агроэкосистемы (на примере СПК «Нелюбино») // Вестник ТГУ. – 2009. – № 326. – С. 203–207.
18. Shurkina K., Pozdnyakov A. Energy estimation of efficiency of functioning of agroecosystem // Studying, Modeling and Sense Making of Planet Earth: International Conference. Mytilene, Greece. 2008. URL: <http://www.aegean.gr/geography/earth-conference2008/papers/papers/B04ID071.pdf> (дата обращения: 12.06.2008).
19. Систер В.Г., Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Абрамов Н.Ф., Никогосов Х.Н. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание). – М.: «Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова», 2001. – 319 с.
20. Районы Томской области (2002–2008). Статистический сборник. – Томск: Изд-во ОИРиТ Томскстата, 2009. – 289 с.

Поступила 29.07.2013 г.

UDC 504.062.2:330.15

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF BIOENERGY POTENTIAL OF TOMSK REGION

K.A. Semenova

Institute of monitoring of climatic and ecological systems, Siberian Department of the Russian Academy of Sciences, Tomsk

The urgency of the discussed issue is caused by the need to quantitative assessment of methods for improving bioenergy potential of the territory to determine its importance in diversification of modern structure of energy consumption by regional enterprises.

The main aim of the study is to estimate the possibility of using local renewable fuel types and to show spatial distribution of bioenergy potential on the region territory.

The methods used in the study are comparative and geographical, settlement and statistical and cartographical (ArcGis software product).

The results: the authors have found out and quantitatively characterized Tomsk region potential bioenergy sources (total amount is 1287 million kWh/ year), estimated their distribution density over the territory – from 46 to 7515 kWh/km², analyzed the bioenergy potential of Tomsk region from a position of resource-saving, production and energy transformation possibility on organic fuel for increasing energy efficiency of Tomsk region; annual economy possibility of 160 thousand tons of coal or 110 thousand tons of diesel fuel is revealed.

Key words:

Bioenergy, biogas obtaining, natural and resource potential, rational environmental management, GIS-technologies, energy efficiency, diversification of energy consumption structure.

REFERENCES

1. *Tekhnologii ispolzovaniya vozobnovlyаемых istochnikov energii* (Technologies of use of renewables). Distantionny internet kurs (Distant Internet course). 2005. Available at: <http://www.ecomuseum.kz/dieret/dieret.html> (accessed 25 September 2007).
2. Ragulina I.R. *Bioenergeticheskiy potentsial Kaliningradskoy oblasti*. Diss. kand. geogr. nauk (Bioenergy potential of the Kaliningrad region. Cand. geogr. sci. diss.). Moscow, 2007. 23 p.
3. Satlikova D.F., Druzhakina O.P. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*, 2009. 2, pp. 73–74.
4. Hannon B., Costanza R., Ulanowicz R. A general accounting framework for ecological systems: a functional taxonomy for connectivist ecology. *Theoretical Population Biology*, 1991. pp. 78–104.
5. Howard T. Odum. *Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making*. NY, Incorporated Wiley, John & Sons, 1996. 370 p.
6. Denisenko E.A. *Mekhanizmy funktsionirovaniya i strukturnoy organizatsii agroekosistem* (Mechanisms of functioning and structural organization of agroecosystems). Moscow, In. geogr. AN RF, 1990. 160 p.
7. Feldman O.V., Denisenko E.A., Logofet D.O. Energeticheskiy podkhod pri otsenke effektivnosti ispolzovaniya resursov (Energy approach when assessing the resources use efficiency). *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov* (Natural resource and environmental problems). Moscow, VINITI, 1998. pp. 66–81.

8. Mindrin A.S. *Energoekonomicheskaya otsenka sel'skokhozyaystvennoy produkcii*. Diss. dokt. econ. nauk (Energy economic assessment of agricultural production. Dr. econ. sci. diss). Moscow, 2003. 294 p.
9. Bulatkin G.A. *Energeticheskaya effektivnost primeneniya udobreniy v agrotseozakh* (Energy efficiency of fertilizers application in agrocenosis). Pushchino, ONTI NCBI AN SSSR, 1983. 46 p.
10. Bulatkin G.A. *Ekologo-energeticheskie osnovy vosproizvodstva plodorodiya pochv i povysheniya produktivnosti agroekosistem*. Diss. dokt. biol. nauk (Ecological-energetic bases of soils fertility reproduction and increase of agroecosystems efficiency. Dr. biol. sci. diss.). Moscow, 2007. 45 p.
11. Bryuver I.I., Fleming E. *Energeticheskiy balans sistemy proizvodstva i ispolzovaniya produktov pitaniya SShA* (Energy balance of production system and food use of the USA). Moscow, VNIITJeI Publ., 1980. 56563, p. 7–9.
12. Prishchep L.G. *Metodika bioenergeticheskoy otsenki effektivnosti tekhnologiy v oroshaemom zemledelii* (Bioenergy technique to assess the efficiency of irrigated agriculture technologies). Moscow, VASHNIL Publ., 1989. 69 p.
13. Danchenko A.M., Zadde G.O., Zemtsov A.A. *Kadastr vozmozhnostey* (Cadastr of opportunities). Tomsk, NTL Publ., 2002. 280 p.
14. Pozdnyakov A.V. *Strategii Rossiyskikh reform* (Strategies of the Russian reforms). Tomsk, IOA SO RAN Publ., 1998. 272 p.
15. Semenova K.A., Pozdnyakov A.V. *Energeticheskiy analiz effektivnosti funktsionirovaniya agroekosistem na primere krestyanskogo hozyaystva «SoMer-2»* (Energy analysis of agroecosystems functioning efficiency by the example of country economy «SoMer-2»). Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. 132 p.
16. Semenova K.A., Shurkin A.I., Alibaeva A.A. *Mnogoprofilny nauchny zhurnal «3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovatsiya»*, 2012. 3, pp. 61–66.
17. Fusella T.Sh. *Vestnik TGU*, 2009. 326, pp. 203–207.
18. Shurkina K., Pozdnyakov A. Energy estimation of efficiency of functioning of agroecosystem. *Studying, Modeling and Sense Making of Planet Earth: International Conference*. Mytilene, Greece, 2008. Available at: <http://www.aegean.gr/geography/earth-conference2008/papers/papers/B04ID071.pdf> (accessed 12 June 2008).
19. Sister V.G., Mirny A.N., Skvortsov L.S., Abramov N.F., Nikogosov H.N. *Tverdye bytovye othody (sbor, transport i obezvrezhivanie)* (Solid household waste (collecting, transport and neutralization)). Moscow, Akademiya kommunalnogo hozyaystva im. K.D. Pamfilova, 2001. 319 p.
20. *Rayony Tomskoy oblasti (2002–2008). Statisticheskiy sbornik* (Tomsk Region territories (2002–2008). Statistical collection). Tomsk, OIRiT Tomskstata Publ., 2009. 289 p.