

БИОГАЗОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ И СТРАНАХ МИРА

Константин Викторович ПАВЛОВ^{a,*}, Валерий Иванович ГАВРИШ^b, Виталий Сергеевич НИЦЕНКО^c

^a доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск, Российская Федерация
kvr_ruk@mail.ru

^b доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры тракторов и сельскохозяйственных машин, эксплуатации и технического сервиса, Николаевский национальный аграрный университет, Николаев, Украина
rector @mdau.mk.ua

^c кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса, Украина
nicik11071981@yandex.ru

*Ответственный автор

История статьи:

Принята 22.05.2015
Одобрена 01.06.2015

УДК 338.43:62.61

Ключевые слова: биогаз, биометан, экономико-математическая модель, методический подход

Аннотация

Предмет. Статья посвящена повышению экономической устойчивости за счет использования биосырья для производства энергетических ресурсов.

Цель. Целью статьи является обоснование использования биогаза для достижения максимального экономического эффекта.

Методология. Используются системный и институциональный виды анализа, экономико-статистические методы, а также математические методы моделирования производственных процессов, связанных с использованием биогаза в аграрной сфере экономики.

Результаты. Предложен методический подход, позволяющий смоделировать биоэнергетический комплекс, функционирование которого позволит получить максимальный чистый приведенный доход. Разработана экономико-математическая оптимизационная модель, критерием которой является показатель чистого приведенного дохода. Доказано, что с точки зрения эффективного использования различных видов биотоплива (биоэтанол, рапсовое масло, метиловые эфиры растительных масел, биогаз или биометан) в расчете на единицу площади наиболее перспективным является биогаз и его производная – биометан.

Выводы. Сделан вывод о том, что производство газообразного биотоплива позволит замещать ископаемые невозобновляемые энергетические ресурсы и уменьшать себестоимость продукции аграрных формирований. Кроме этого, доказано, что выращивание энергетического биосырья для производства биогаза может дать значительно больший валовой доход, чем выращивание традиционных сельскохозяйственных культур для дальнейшей их реализации по рыночным ценам. Предложенный авторами методический подход к определению экономической целесообразности выращивания энергетического биосырья для производства биогаза на основе сравнения валовых прибылей с учетом всех видов дополнительной продукции и направлений использования биогаза в качестве энергетического ресурса может быть использован в различных регионах и странах мира.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Одним из направлений повышения экономической устойчивости может стать выращивание биосырья для производства энергетических ресурсов. С точки зрения эффективного использования различных видов биотоплива (биоэтанол, рапсовое масло, метиловые эфиры растительных масел, биогаз или биометан) в расчете на единицу площади наиболее перспективным является биогаз и его производная – биометан [1]. Производство газообразного биотоплива позволит заменить

ископаемые невозобновляемые энергетические ресурсы и уменьшить себестоимость продукции аграрных формирований. В биогазовых комплексах (БК) используются как отходы животноводства, так и растительное сырье.

В конце XX в. использование биотоплива стало актуальным. Из всех его видов особое место занимает биогаз. Больших успехов в его производстве и использовании достигли в Великобритании, ФРГ, Франции, Италии, Швеции, США, Китае.

Наращивание объемов использования биогаза зависит от экономической целесообразности, которая достигается за счет как административных, так и экономических рычагов. В настоящее время в странах Евросоюза ежегодное производство биогаза достигает 4,97 млн т нефтяного эквивалента (тнэ). Для сравнения: общий объем производства других видов возобновляемого топлива составляет (в тнэ):

- биодизель – 2 845,8;
- биоэтанол – 456,7 [2].

Страны СНГ имеют значительный потенциал производства биогаза:

Республика Беларусь – 160 тыс. т условного топлива;

Украина – 4 022 тыс. т условного топлива;

Российская Федерация – 14 440 тыс. т условного топлива [3].

В настоящее время значительные объемы биогаза в мире производятся на интегрированных предприятиях, преимущественно, в кооперативах [4]. Это объясняется преимуществами объединения, которые заключаются прежде всего в существенном уменьшении затрат на интегрированное производство и, как следствие, в повышении его конкурентоспособности.

Биогаз преимущественно используется для производства тепловой энергии, электрической энергии, а также как форма замещения природного газа и традиционных моторных видов топлива. Причем последнее направление в мире в целом имеет тенденцию к росту. Производство и дальнейшее использование биогаза осуществляется в биогазовых комплексах. Биогазовый комплекс – это комплекс оборудования, включающий в себя биогазовую установку (БГУ) и оборудование для дальнейшего преобразования биогаза и эфлюенты в другие виды энергии, топлива и удобрений [5].

Научная проблема эффективного производства и использования биогаза исследовалась как зарубежными, так и отечественными учеными. Научные работы посвящены самообеспечению сельского хозяйства энергетическими ресурсами, в том числе биогазом¹, эффективности потенциала производства биогаза, техническим и экономическим аспектам этого производства.

¹ Виленский А.В. Возможности оценки результатов поддержки российского малого и среднего предпринимательства на федеральном и региональном уровне // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 17. С. 2–8.

Для дальнейшего преобразования биогаза можно использовать следующие виды энергетического оборудования:

- когенерационную установку;
- газовый двигатель-генератор;
- котел;
- установку для обогащения биогаза и дальнейшего использования биометана.

Опыт эксплуатации БК свидетельствует о том, что часто проблемой децентрализованного производства электрической и тепловой энергии является полное использование энергетических ресурсов, в первую очередь тепла. Так, в ФРГ менее 30% БК продают тепловую энергию потребителям, что отрицательно сказывается на экономических показателях их деятельности. Это является одной из причин роста объемов использования биогаза в качестве моторного топлива [6]. По этой причине ряд биогазовых комплексов в России и Украине не работают на полную мощность или большую часть времени простаивают.

Поэтому особое значение приобретает распределение биогаза для дальнейшего преобразования в различные виды энергии и достижения максимального экономического эффекта. Принятие обоснованного решения требует разработки соответствующей методики и экономико-математической модели. Предметом исследования является оптимизация использования биогаза для достижения максимального экономического эффекта. Теоретической и методической основой являются труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам эффективного использования возобновляемых энергетических ресурсов. В ходе исследования использовались монографический метод, экономико-математическое моделирование, законодательные акты.

Наиболее часто биогаз используют как топливо для когенерационных установок. Однако не всегда можно или целесообразно использовать полученную электрическую и тепловую энергию. Обогащение биогаза может решить эту проблему. Полученный при этом биометан можно использовать на месте или продавать в существующую экономическую систему функционирования природного газа.

Предлагается использовать следующую физическую модель биогазового комплекса. Некоторое аграрное формирование (или совокупность аграрных формирований определенного региона) может

выработать достаточное количество субстрата. В процессе работы БК образуются биоудобрения и биогаз, который может быть преобразован в следующие виды энергетических ресурсов:

- электрическая энергия – за счет работы когенерационной установки и/или газового двигателя-генератора;
- тепловая энергия – за счет работы когенерационной установки и/или котла;
- биометан.

Полученные энергетические ресурсы могут быть использованы для удовлетворения потребностей как самого предприятия, так и внешних потребителей.

Биогаз содержит до 45% углекислого газа, который в процессе обогащения отделяется. Его можно также использовать как товарную продукцию и соответственно получать дополнительный доход. Возможны следующие варианты использования углекислого газа:

- для создания инертной газовой среды в хранилищах овощей и фруктов;
- для системы пожаротушения;
- для проведения сварочных работ и т.д.

Схема энергетических и материальных потоков БК представлена на *рис. 1*.

В связи с этим, по мнению авторов, существующее определение БК следует дополнить и изложить в следующей редакции: биогазовый комплекс – это комплекс оборудования, включающий в себя биогазовую установку и оборудование для последующего преобразования биогаза и эфлюенты в другие виды энергии, топлива, удобрения и в технологические материалы.

Продажа на энергорынок избытка электроэнергии, которая производится с помощью биогаза, может оказаться экономически нецелесообразной из-за отсутствия «зеленого» тарифа [7]. Продажа тепловой энергии, полученной из биогаза внешним потребителям тоже нецелесообразна из-за высоких затрат на ее транспортировку. Цена природного газа для населения ниже его себестоимости, поэтому использовать биогаз для этих целей нецелесообразно.

Цена природного газа значительно превышает себестоимость биогаза. Он используется сельскохозяйственными формированиями, преимущественно для получения тепловой энергии. Поэтому в математической модели предлагается его учитывать из-за стоимости тепловой энергии. Поставка

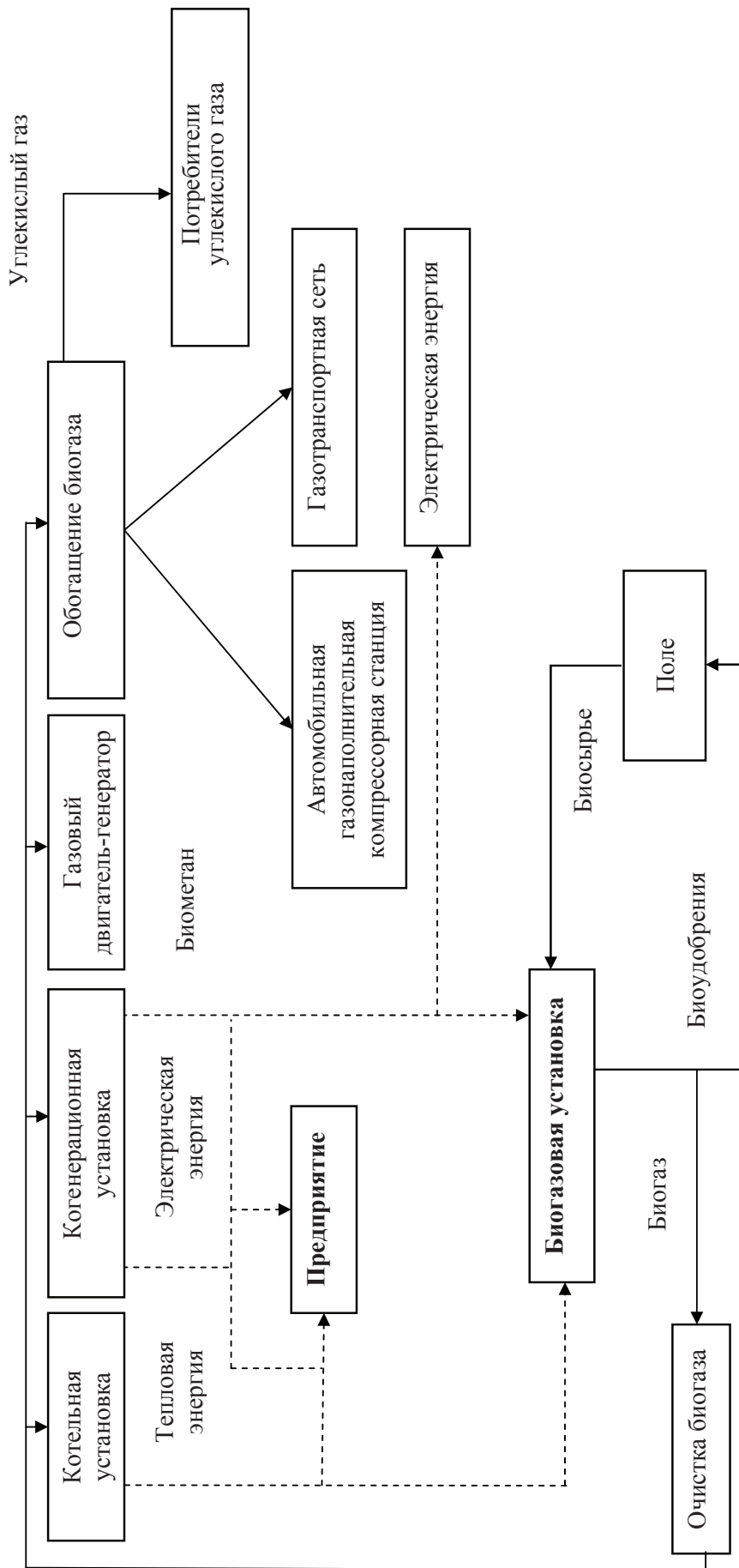
биогаза другим потребителям существующими газопроводами требует его обогащения до уровня биометана. Однако в настоящее время транспортировка биометана существующими газопроводами законодательно не урегулирована. Поэтому предлагается рассматривать использование биогаза собственного производства только для полного или частичного удовлетворения потребностей самого аграрного формирования в энергетических ресурсах и для продажи внешним потребителям возможного избытка электроэнергии, биометана (или биометана в качестве моторного топлива) и углекислого газа.

Основными показателями инновационно-инвестиционных проектов являются индекс чистого приведенного дохода NPV , индекс доходности PI и срок окупаемости инвестиций PBP . Были выполнены расчеты по определению указанных величин для одного из реальных проектов. За базу сравнения был принят стандартный вариант биогазового комплекса в составе биогазовой и когенерационной установок. Результаты расчетов (для биогазового комплекса с годовой производительностью биогаза 600 тыс. м³) свидетельствуют о том, что эффективность использования одного и того же объема биогаза существенно зависит от направления его дальнейшего преобразования (см. *таблицу*). Наилучшие показатели достигаются при преобразовании биогаза в биометан для замещения бензина и продажи по рыночным ценам углекислого газа. Поэтому перед субъектом хозяйственной деятельности возникает вопрос о том, как оптимально использовать имеющийся энергетический ресурс возобновляемого топлива.

В экономико-математической модели в качестве критерия предлагается принять чистый приведенный доход. Он представляет собой (за срок существования проекта) разницу между стоимостью биоудобрений, энергетических ресурсов и технологических материалов (биометан, углекислый газ, электрическая и тепловая энергия), полученных с помощью биогаза, и расходами на приобретение и эксплуатацию соответствующего энергетического оборудования (когенерационная установка, теплогенерирующее оборудование, модуль по обогащению биогаза, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция и т.д.). Целью математического моделирования является оптимальное распределение биогаза на преобразование в различные виды энергетических ресурсов с целью достижения максимального значения чистого приведенного дохода.

Рисунок 1

Энергетические и материальные потоки биогазового комплекса



Источник: авторская разработка.

Сравнение вариантов использования биогаза

Показатель	Базовый вариант (БГУ с когенерационной установкой)		Замещение моторного топлива		Замещение моторного топлива и продажа углекислого газа	
	1	1	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо
Индекс инвестиций	1	1	1,15625	1,15625	1,19375	1,19375
Индекс чистого приведенного дохода	1	1	1,11515	0,64212	2,08568	1,61264
Индекс доходности	1	1	0,96564	0,78223	1,31036	1,13411
Простой срок окупаемости инвестиций, годы	1	1	0,9947	1,22791	0,72725	0,84026

Источник: данные Росстата.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{ВД - C}{(1+g)^i} - \left(I_0 + \sum_j \frac{I_{oj}}{(1+g)^{T_j}} \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $ВД$ – валовой доход от эксплуатации биогазового комплекса (использование электрической энергии, тепловой энергии, биометана в качестве моторного топлива, углекислого газа, биоудобрений и биометана), руб.;

C – расходы, связанные с эксплуатацией биогазового комплекса, руб.;

g – ставка дисконтирования;

n – срок существования проекта, годы;

I_0 – величина первоначальных инвестиций, руб.;

I_{oj} – величина дополнительных инвестиций, руб.;

T_j – периоды осуществления дополнительных инвестиций, в годах.

Дополнительные инвестиции осуществляются для замены энергетического оборудования, которые имеют ресурс меньше полного ресурса биогазовой установки (БГУ).

Далее предлагается использовать такие индексы для направлений использования биогаза:

1 – когенерационная установка;

2 – газовый двигатель-генератор;

3 – газовый котел;

4 – установка по обогащению биогаза.

Валовой доход от эксплуатации биогазового комплекса определяется следующим образом:

$$ВД = \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_T + E_n + E_{y,r} + E_{6,y}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_3, \mathcal{E}_T, E_n, E_{y,r}, E_{6,y}$ – валовой доход от производства соответственно электрической энергии, тепловой энергии, замены моторного топлива, использования углекислого газа и биоудобрений, руб.

Расходы, связанные с эксплуатацией биогазового комплекса, определяются по следующей формуле:

$$C = W \cdot \mathcal{C}_3 + Q \cdot \mathcal{C}_3 + \mathcal{E}P + CC + D, \quad (3)$$

где W, Q – дефицит соответственно электрической и тепловой энергии, необходимой для обеспечения работы биогазового комплекса, кВт в год;

\mathcal{C}_3 – цена электрической энергии, покупаемой компанией, руб./кВт · ч;

$\mathcal{E}P$ – эксплуатационные расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, руб.;

CC – стоимость субстрата, руб.;

D – другие расходы (зарплата с начислениями, налоговые обязательства).

Предлагается рассмотреть составляющие валового дохода аграрного формирования от замещения энергетических ресурсов в результате работы БК. Валовой доход от использования электрической энергии можно представить следующей формулой:

$$\mathcal{E}_3 = \begin{cases} \left(\frac{x_1 + x_2}{b_{3,3}} - W_{30} \right) \mathcal{C}_3 & \text{при } \frac{x_1 + x_2}{b_{3,3}} \leq W_{30} + W_{3f}, \\ W_{3f} \cdot \mathcal{C}_3 + \left[\frac{x_1 + x_2}{b_{3,3}} - W_{30} - W_{3f} \right] \mathcal{C}_{30} & \text{при } \frac{x_1 + x_2}{b_{3,3}} \geq W_{30} + W_{3f}, \end{cases} \quad (4)$$

где $b_{3,3}$ – удельный расход биогаза на производство электрической энергии, м³/кВт · ч;

$W_{3,0}, W_{3f}$ – годовая потребность в электрической энергии соответственно биогазовой установки и аграрного формирования, кВт в год;

\mathcal{C}_{30} – оптовая цена на электрическую энергию.

Валовой доход от использования тепловой энергии определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_T = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{b_{3h}} + \frac{x_3}{b_{3b}} \leq Q_{30}, \\ \left[\left(\frac{x_1}{b_{3h}} - Q_{30} \right) \frac{T_0}{365} - \frac{x_3}{b_{3b}} \right] \mathcal{C}_T & \text{при } Q_{30} \leq \frac{x_1}{b_{3h}} + \frac{x_3}{b_{3b}} < Q_{30} + Q_{3f}, \end{cases} \quad (5)$$

где T_0 – годовая продолжительность потребности предприятия в тепловой энергии, в сутках;

b_{3h}, b_{3b} – удельный расход биогаза на производство тепловой энергии соответственно в когенерационной и котельной установках, м³/кВт · ч;

Q_{30}, Q_{3f} – годовая потребность в тепловой энергии соответственно БГУ и аграрного формирования, кВт · ч;

\mathcal{C}_T – цена тепловой энергии, руб./кВт · ч.

Валовой доход от замещения дизельного топлива биогазом составляет

$$\mathcal{E}_n = \frac{x_4 \cdot Q_6}{\rho \cdot Q_d} \cdot \mathcal{C}_n, \quad (6)$$

где Q_6, Q_d – низшая теплота сгорания соответственно биогаза и дизельного топлива, МДж/м³ (МДж/кг);

ρ – плотность дизельного топлива ($\rho = 0,83$ кг/л);

C_n – цена дизельного топлива, руб./л.

Дефицит электрической и тепловой энергии для обеспечения работы БГУ определяется по следующим формулам:

$$W = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{b_3} + \frac{x_2}{b_3} \geq N_{30} \\ W_{30} - \left(\frac{x_1}{b_3} + \frac{x_2}{b_3} \right) & \text{при } \frac{x_1}{b_3} + \frac{x_2}{b_3} < N_{30} \end{cases} \quad (7)$$

и

$$Q = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{b_{3h}} + \frac{x_3}{b_{3b}} \geq Q_{30} \\ Q_{30} - \left(\frac{x_1}{b_{3h}} + \frac{x_3}{b_{3b}} \right) & \text{при } \frac{x_1}{b_{3h}} + \frac{x_3}{b_{3b}} < Q_{30} \end{cases} \quad (8)$$

Предлагается рассмотреть ограничения параметров целевой функции. Ограничения по годовому объему использования биогаза составляют

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq V, \quad (9)$$

где V – годовое производство биогаза, м³.

Объем тепловой энергии, которая может быть произведена, ограничивается двумя составляющими. Первая – ограничение по ее использованию для нужд самой биогазовой установки и аграрного формирования

$$\left(\frac{x_1 \cdot T_0}{365 \cdot b_{3h}} + \frac{x_2}{b_{3b}} \right) \leq Q_{30} + Q_{3f}. \quad (10)$$

Второе ограничение обусловлено тем, что суточное использование биогаза теплогенерирующими мощностями не должно превышать производительность БГУ. Это условие математически можно выразить следующим образом:

$$V \geq x_1 + x_2 + x_3 \cdot \frac{365}{T_0}. \quad (11)$$

Здесь не учитывается одновременность использования биогаза для обеспечения аграрного формирования в тепловой энергии и для замещения биогаза дизельным топливом, так как они не совпадают во времени.

Ограничения по замещению дизельного топлива, которые использует аграрное формирование, имеют тоже две составляющие. Первая – это максимальная потребность в газообразном топливе:

$$x_4 \leq M_d \cdot \frac{Q_6}{Q_d}, \quad (12)$$

где M_d – часть годовой потребности предприятия в моторном топливе, которое можно заменить биогазом (биометаном), кг;

Q_6, Q_d – низшая теплота сгорания соответственно биогаза и дизельного топлива, МДж/м³ (МДж/кг).

Вторая учитывает продолжительность и одновременность работы мобильных энергетических средств с другими потребителями биогаза и ограничивается суточной производительностью БГУ:

$$V \geq x_1 + x_2 + x_4 \cdot \frac{365}{T_{м.тн}}, \quad (13)$$

где $T_{м.тн}$ – годовая продолжительность использования сельскохозяйственной техники, в сутках.

Ограничение по объему использования углекислого газа:

$$V_{y.g} \geq 0,01 \cdot \Psi \cdot x_4, \quad (14)$$

где Ψ – содержание углекислого газа в биогазе, %;

$V_{y.g}$ – рыночный потенциал потребления углекислого газа.

Стоимость углекислого газа, который может быть продан:

$$E_{y.g} = \begin{cases} 0 & \text{при } V_{y.g} = 0 \\ 0,01 \cdot \Psi \cdot x_4 \cdot C_{y.g} & \text{при } V_{y.g} \geq 0,01 \cdot \Psi \cdot x_4 \end{cases}, \quad (15)$$

где $C_{y.g}$ – цена углекислого газа, руб./м³.

Таким образом, авторами сформулирована целевая функция (1) и ограничения по использованию и преобразованию биогаза на различные виды энергии. Для решения данной задачи была разработана программа в системе Excel с использованием встроенной функции «Поиск решения». Применение предложенной методики позволяет смоделировать биоэнергетический комплекс, функционирование которого позволит получить максимальный чистый приведенный доход.

Эффективность использования энергетических ресурсов является ключевым направлением для устойчивого развития аграрной сферы производства. Поэтому как теоретический, так и практический интерес представляет исследование экономической целесообразности использования растительного биосырья для производства возобновляемых источников энергии.

Мировой опыт свидетельствует о том, что значительные

объемы биогаза производятся из растительного сырья. Так, например, в Австрии эксплуатируется более 40 таких биогазовых комплексов. Они используют от 0,8 до 58,0 т субстрата в сутки (в среднем 43,2 т). Согласно существующим исследованиям, проведенным в странах ЕС, наиболее эффективной сырьем для производства биогаза является силос кукурузы (выход до 18 500 м³/га). Эта культура обладает и наибольшим коэффициентом энергетической эффективности – до 5,1 [9]. Более того, сельскохозяйственные культуры для производства биогаза могут выращиваться на деградированных землях [10].

Специалистами исследовалась эффективность производства электрической энергии из биогаза в зависимости от себестоимости силоса кукурузы и удельных инвестиций в биогазовый комплекс с газовым двигателем-генератором [11]. Основательные научные работы по этому направлению проведены в Германии и в ряде других стран ЕС. Они посвящены исследованию эффективности производства электрической энергии биогазовыми комплексами с учетом «зеленого» тарифа [12], а также мультикритериальному моделированию энергетических культур для производства биогаза [13, 14] и материальному, энергетическому и стоимостному балансу [15, 16].

Однако остается недостаточно исследованным вопрос о методологических основах определения экономической эффективности энергетических сельскохозяйственных культур для использования их в биогазовых комплексах с учетом ряда факторов (использование побочных продуктов производства биогаза и биометана, учет выбранного направления дальнейшей трансформации возобновляемого газообразного топлива по сравнению с возможными выгодами от выращивания других сельскохозяйственных культур). Поэтому целесообразной является разработка методических основ определения экономической эффективности целесообразности выращивания аграрными формированиями биоэнергетического растительного сырья для производства биогаза с учетом его дальнейшей трансформации.

Производство любой продукции экономически целесообразно, если валовой доход от этого имеет большее значение по сравнению с альтернативными вариантами [17]. Это касается и выращивания биосырья для производства биогаза и дальнейших его преобразований.

Предлагается провести оценку получения возможного валового дохода от использования

биогаза. Для удовлетворения биоэнергетических потребностей преимущественно используют силос кукурузы и сорго. Они имеют урожайность соответственно до 250 и 1 000 ц/га, что позволяет получить с одного гектара до 6,25 и 13,0 тыс. м³ биогаза соответственно. Полученное газообразное биотопливо может быть использовано для генерации электрической энергии, когенерации, замещения природного газа и моторного топлива (бензина и дизельного топлива), производства биометана и коммерческого использования углекислого газа, полученного при обогащении биогаза. Рыночную стоимость имеют и биоудобрения. Схема материальных и энергетических потоков и максимальные значения стоимости энергетических ресурсов и дополнительных продуктов, полученных с единицы площади в ценах декабря 2013 г., представлены на *рис. 2*.

Следует отметить, что за период с 2010 по 2012 г. растениеводство Украины было высокорентабельным. Однако в 2013 г. произошел обвал цен на сельскохозяйственную продукцию. Так, например, цена кукурузы упала с 2 200 до 1 200 грн/т. Это негативно повлияло на уровень рентабельности аграрных формирований. Поэтому рыночные условия требуют изменения подхода к производству и применению стратегии диверсификации в сельскохозяйственном производстве.

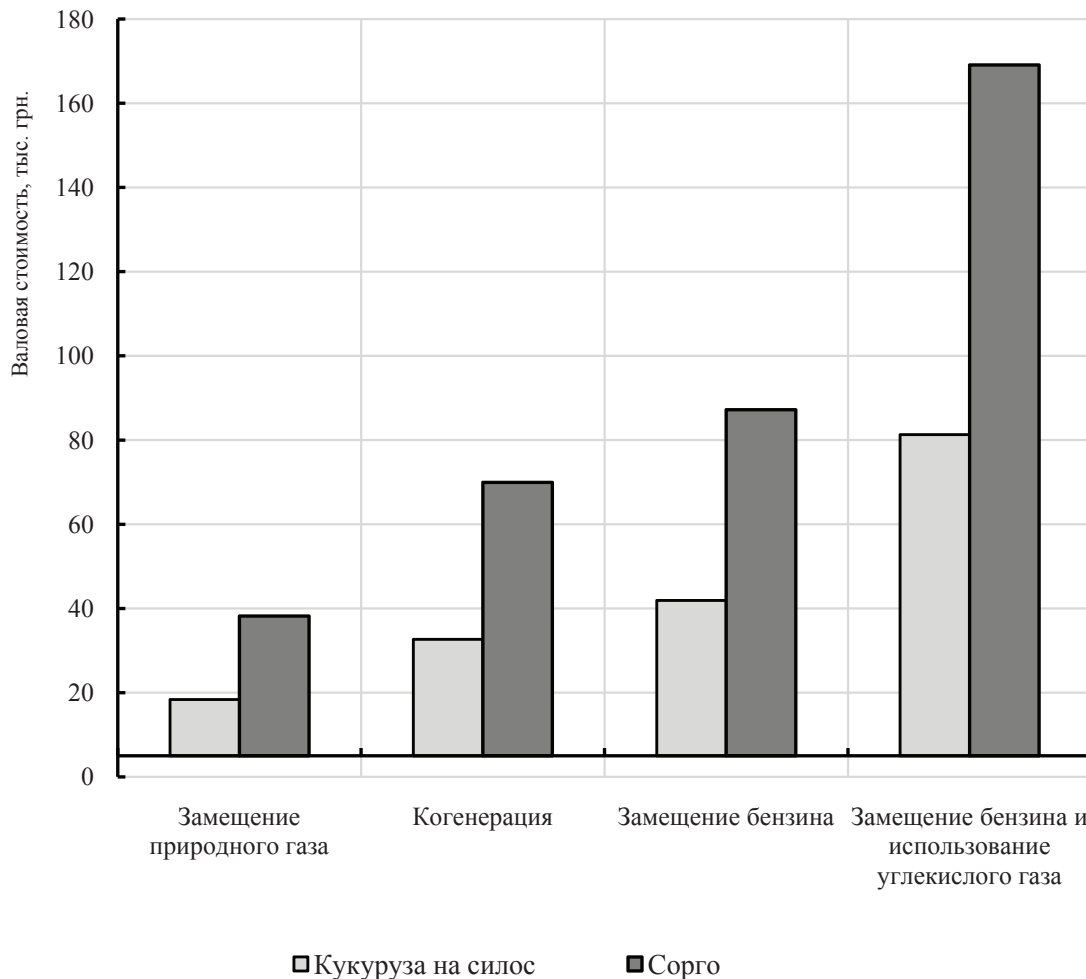
В расчетах использовались следующие параметры:

- содержание углекислого газа в биометане – 40%;
- плотность дизельного топлива (среднее значение по ГОСТ 4840: 2007) – 832 кг/м³;
- плотность бензина повышенного качества (среднее значение по ГОСТ 4830: 2007) – 747 кг/м³.

Для сравнения: в 2012 г. стоимость растительной продукции с одного гектара достигала 12–18 тыс. грн., что меньше потенциального дохода от использования биогаза, полученного из растительного сырья. При определении экономической эффективности технологии производства товарной продукции следует руководствоваться теорией предельной полезности и в качестве критерия использовать прибыль [18, 19]. Поэтому выращивание и использование в БК биосырья целесообразно, если валовой доход от использования биогаза и побочных продуктов превышает валовой доход от выращивания сельскохозяйственных культур.

Рисунок 2

Валовой доход с одного гектара от использования биогаза в зависимости от выбранного варианта его использования на Украине



Источник: данные Ростата.

В качестве критерия определения эффективности выращивания энергетического биосырья предлагается использовать отношение валовых доходов соответственно от эксплуатации БК и реализации сельскохозяйственных культур. Учитывая возможность нескольких вариантов использования биогаза и дополнительных продуктов вследствие работы БК и обогащения биогаза, целесообразно рассмотреть целевую функцию предложенного критерия в следующем виде:

$$K = \frac{ВД - РЭ}{ВПСХ} \rightarrow \max, \quad (16)$$

где $ВД$ – валовой доход от использования биогаза и побочных продуктов, руб./га;

$РЭ$ – расходы, связанные с эксплуатацией БК, руб./га;

$ВПСХ$ – средняя удельная валовая прибыль от выращивания сельскохозяйственных культур в аграрном формировании, руб./га.

Если $K > 1$, то выращивание биосырья для использования в качестве субстрата экономически целесообразно.

Среднюю удельную валовую прибыль (в расчете на один гектар) от выращивания сельскохозяйственных культур аграрным формированием можно определить по следующей формуле:

$$ВПСХ = \frac{0,1 \cdot \sum_{i=1}^n [F_i \cdot U_i (Ц_i - C_i)]}{\sum_{i=1}^n F_i}, \text{ руб./га}, \quad (17)$$

где F_i – площадь посевов i -й сельскохозяйственной культуры, га;

U_i – урожайность i -й сельскохозяйственной культуры, ц/га;

C_i – рыночная цена i -й сельскохозяйственной культуры, руб./т;

C_i – себестоимость выращивания i -й сельскохозяйственной культуры, руб./т;

n – количество сельскохозяйственных культур.

Определим валовой доход от использования биоэнергетического сырья в биогазовом комплексе. Его величина зависит от объемов производства биогаза, количество которого можно определить по формуле:

$$V = \alpha \cdot U \text{ м}^3/\text{га}, \quad (18)$$

где α – выход биогаза с одного центнера энергетического биосырья, м³/ц;

U – урожайность энергетической сельскохозяйственной культуры, ц/га.

Валовой доход от эксплуатации БК определяется по формуле (2).

Рассмотрим удельные затраты на обеспечение работы БК. Расходы, связанные с эксплуатацией БК, состоят из расходов на обеспечение работы биогазовой установки (тепловая и электрическая энергия, стоимость субстрата, расходы на текущий и капитальный ремонт и т.п.). Удельные затраты (на гектар) БК для выращивания биоэнергетического сырья и эксплуатацию БК составляют:

$$PЭ = U \cdot C_3 + \frac{U}{M} \left\{ 3П + W \cdot C_3 + Q \cdot C_T + D + \right. \\ \left. + 0,01 \cdot \sum_{j=1}^m (a_j + a_{pj}) K_j \right\}, \quad (19)$$

где C_3 – себестоимость выращивания энергетического биосырья, руб./ц;

M – годовой расход субстрата БГУ, ц;

a_j, a_{pj} – отчисления соответственно на реновацию, текущий и капитальный ремонты j -го вида оборудования;

K_j – стоимость j -го вида оборудования, руб.;

C_3, C_T – цена соответственно электрической и тепловой энергии, покупаемой аграрным формированием, руб./(кВт в час);

$3П$ – зарплата с начислениями, руб.;

D – другие расходы (налоговые обязательства и т.п.), руб.

Можно предложить следующий алгоритм принятия решения по строительству биогазового комплекса на растительном биосырье.

Шаг 1. Определение следующих исходных данных: площадь сельскохозяйственных угодий; структура посевов; динамика урожайности сельскохозяйственных культур и их себестоимости, рыночных цен; потребность аграрного формирования в энергетических ресурсах; потенциальный рынок энергетических ресурсов и побочных продуктов вследствие производства биогаза и его дальнейших трансформаций.

Шаг 2. Определение максимально допустимой площади земель под биоэнергетическую культуру (в зависимости от ее вида и урожайности) с учетом потребности аграрного формирования в энергетических ресурсах, рыночного потенциала (см. шаг 1) и агротехнологических требований.

Шаг 3. Выбор биогазовой установки, определение выхода биогаза и биоудобрений, а также выбор технико-экономических показателей.

Шаг 4. Определение оптимальных направлений трансформации биогаза, подбор соответствующего оборудования и определение технико-экономических показателей.

Шаг 5. Определение значения критерия целесообразности использования конкретной биоэнергетической культуры для производства биогаза с целью его дальнейшей трансформации.

Общий вывод. Ввод в эксплуатацию аграрным формированием БК позволяет изменить индекс вертикальной интеграции. Он измеряется пропорцией денежных (материальных) потоков между структурными подразделениями фирмы к общему потоку [20]. Индекс вертикальной интеграции изменяется от 0 до 1.

В случае эксплуатации собственного БК аграрное формирование полностью или частично может обеспечить собственные потребности в моторном топливе, электрической энергии, тепловой энергии, биоудобрениях. Это позволит уменьшить использование внешних потоков материальных ресурсов. Тогда значение индекса вертикальной интеграции можно определить по следующей формуле:

$$FVI = \frac{E_c + E_T + E_n + E_{б.д.}}{BMP}, \quad (20)$$

где BMP – стоимость материальных ресурсов, необходимых для обеспечения работы аграрного формирования (горюче-смазочные материалы, электрическая и тепловая энергия, минеральные и органические удобрения, семенной материал, средства защиты растений и т.п.).

В условиях Украины использование БК позволяет нередко достичь значения индекса вертикальной интеграции, приблизительно равного 0,25. Это соответствует показателю доли энергетических ресурсов в себестоимости продукции растениеводства.

Таким образом, проведенные авторами исследования свидетельствуют о том, что выращивание энергетического биосырья для производства биогаза может дать значительно больший валовой доход по сравнению с выращиванием традиционных

сельскохозяйственных культур для дальнейшей их реализации по рыночным ценам. Предложенный авторами методический подход к определению экономической целесообразности выращивания энергетического биосырья для производства биогаза на основе сравнения валовых прибылей с учетом всех видов дополнительной продукции и направлений использования биогаза в качестве энергетического ресурса может быть использован в различных регионах и странах мира.

Список литературы

1. *Катихин О.* Экономическая система устойчивого развития: содержание и факторы формирования // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 10. С. 27–32.
2. *Арсланов Ш.Д.* К вопросу оценки эффективности инвестиций в человеческий капитал // Вопросы структуризации экономики. 2012. № 3. С. 76–78.
3. *Болохонов М.А.* Продовольственный рынок и сельское хозяйство: проблемы взаимодействия и перспективы развития. Саратов: Саратовский источник, 2011. 110 с.
4. *Омаров М.М., Жеребцова Л.А.* Проблемы взаимодействия властных и предпринимательских структур // Российское предпринимательство. 2007. № 8-2. С. 105–113.
5. *Дрокин В.В., Журавлев А.С., Чистяков Ю.Ф.* Влияние мирового агропродовольственного рынка на саморазвитие региональных аграрных систем // Экономика региона. 2011. № 4. С. 158–164.
6. *Мотовилов О.В.* Анализ развития национальной инновационной системы и мер по его поддержке // Инновации. 2014. № 7. С. 34–38.
7. *Лескин В.Н.* Региональная диагностика: сущность, предмет и метод, специфика применения в современной России // Российский экономический журнал. 2003. № 9–10. С. 64–86.
8. *Киселева В.В., Фототов А.Г.* Структурные проблемы развития национальной инновационной системы РФ: технологический потенциал отраслей // Инновации. 2013. № 6. С. 48–53.
9. *Порфирьев Б.Н.* Экономический кризис: проблемы управления и задачи инновационного развития // Проблемы прогнозирования. 2010. № 5. С. 20–26.
10. *Проценко О.Д., Проценко И.О.* Факторы повышения конкурентоспособности бизнеса на современном этапе развития экономики // Российское предпринимательство. 2012. № 2. С. 36–42.
11. *Храпылина Л., Авдеева Л.* Современные проблемы реализации гарантированных услуг населению в рамках социального обеспечения и пути их решения // Социальная политика и социальное партнерство. 2012. № 5. С. 33–39.
12. *Лапин А., Слепова В.* Конкурентоспособность региональной экономики // Проблемы теории и практики управления. 2012. № 7–8. С. 56–61.
13. *Минакир П.* Экономический рост и развитие: региональное приложение // Федерализм. 2013. № 2. С. 49–55.
14. *Швецов А.Н.* Пространственная организация «информационного общества» как предмет системного анализа и объект государственного регулирования // Регион: экономика и социология. 2012. № 4. С. 45–66.
15. *Чеберко Е.Ф., Казаков В.А.* Социокультурные факторы инновационного развития // Проблемы современной экономики. 2013. № 3. С. 56–62.
16. *Бляхман Л.С.* Новая индустриализация: сущность, политико-экономические основы, социально-

экономические предпосылки и сопровождение // Проблемы современной экономики. 2013. № 4. С. 44–53.

17. *Грасмик К.* Экономическое развитие и инновационные сети: точки соприкосновения // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 3. С. 64–69.
18. *Вагизова В.И.* Инфраструктурное обеспечение инновационного взаимодействия бизнеса, власти и социума в современной экономике // Проблемы современной экономики. 2009. № 3. С. 17–21.
19. *Черная И.П.* Социальные императивы маркетинга инноваций региона // Теория и практика общественного развития. 2012. № 3. С. 276–280.
20. *Ускова Т.В., Барабанов А.С.* Территориальный маркетинг как инструмент социально-экономического развития региона // Проблемы развития территории. 2008. № 2. С. 38–47.

BIOGAS COMPLEXES: THE ECONOMIC RATIONALE FOR USE IN VARIOUS REGIONS AND COUNTRIES OF THE WORLD

Konstantin V. PAVLOV^{a,*}, Valerii I. GAVRISH^b, Vitalii S. NITSENKO^c

^aKama Institute of Humanities and Engineering Technology, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation
kvp_ruk@mail.ru

^bMykolayiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine
rector@mdau.mk.ua

^cOdessa National Mechnickov University, Odessa, Ukraine
nicik11071981@yandex.ru

*Corresponding author

Article history:

Received 22 May 2015
Accepted 1 June 2015

Abstract

Importance The article discusses the improving the economic sustainability through the use of types of biomass for the production of energy resources.

Objectives The article aims to justify the use of biogas to achieve the maximum economic effect.

Methods For the study, we used system and institutional analyses, economic-statistical methods, and mathematical modeling techniques of manufacturing processes involving the use of biogas in the agrarian economy.

Results We propose a methodological approach to simulate a bioenergy complex the functioning of which would maximize the net present value. We developed an economic-mathematical optimization model the criterion of which is a net-present-value indicator. We prove that in terms of effective use of biofuels (ethanol, rapeseed oil, methyl ether of vegetable oil, biogas or biomethane) per unit of area, the most promising is the biogas and its derivative, i.e. biomethane.

Conclusions and Relevance We concluded that the production of gaseous biofuel will replace non-renewable fossil energy resources and reduce the cost of production of agricultural units. In addition, we prove that the cultivation of energy type of biomass for the production of biogas can give significantly higher gross income than the growing of traditional crops to further sell them at market prices. The proposed methodological approach to determining the economic feasibility of growing the energy type of biomass can be used in various regions and countries of the world.

Keywords: biogas, biomethane, complex, economic-mathematical optimizing model, methodological approach

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

References

1. Katikhin O. Ekonomicheskaya sistema ustoichivogo razvitiya: sodержanie i faktory formirovaniya [The economic system of sustainable development: the content and formation factors]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Problems of Theory and Practice of Management*, 2014, no. 10, pp. 27–32.
2. Arslanov Sh.D. K voprosu otsenki effektivnosti investitsii v chelovecheskii kapital [The issue of assessment of the efficiency of investment in human capital]. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki = Issues of Economic Structuring*, 2012, no. 3, pp. 76–78.
3. Bolokhonov M.A. *Prodovol'stvennyi rynek i sel'skoe khozyaistvo: problemy vzaimodeistviya i perspektivy razvitiya* [Food market and rural economy: problems of interaction and prospects for development]. Saratov, Saratovskii istochnik Publ., 2011, 110 p.
4. Omarov M.M., Zherebtsova L.A. Problemy vzaimodeistviya vlastnykh i predprinimatel'skikh struktur [Problems of interaction of authorities and enterprise structures]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2007, no. 8-2, pp. 105–113.
5. Drokin V.V., Zhuravlev A.S., Chistyakov Yu.F. Vliyanie mirovogo agroprodovol'stvennogo rynka na samorazvitie regional'nykh agrarnykh sistem [Impact of the world agricultural grocery markets on the self-development of regional agrarian systems]. *Ekonomika regiona = The Region's Economy*, 2011, no. 4, pp. 158–164.

6. Motovilov O.V. Analiz razvitiya natsional'noi innovatsionnoi sistemy i mer po ego podderzhke [An analysis of the development of the national innovation system and the measures to support it]. *Innovatsii = Innovation*, 2014, no. 7, pp. 34–38.
7. Leskin V.N. Regional'naya diagnostika: sushchnost', predmet i metod, spetsifika primeneniya v sovremennoi Rossii [Regional diagnosis: the essence, subject and method, specifics of application in modern Russia]. *Rossiiskii ekonomicheskii zhurnal = Russian Economic Journal*, 2003, no. 9-10, pp. 64–86.
8. Kiseleva V.V., Fonotov A.G. Strukturnye problemy razvitiya natsional'noi innovatsionnoi sistemy RF: tekhnologicheskii potentsial otraslei [Structural problems of the Russian innovation system: the technology capacity of industries]. *Innovatsii = Innovation*, 2013, no. 6, pp. 48–53.
9. Porfir'ev B.N. Ekonomicheskii krizis: problemy upravleniya i zadachi innovatsionnogo razvitiya [Economic crisis: problems of management and problems of innovative development]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2010, no. 5, pp. 20–26.
10. Protsenko O.D., Protsenko I.O. Faktory povysheniya konkurentosposobnosti biznesa na sovremennom etape razvitiya ekonomiki [Factors of increasing the business competitiveness at the present stage of development of the economy]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2012, no. 2, pp. 36–42.
11. Khrapylina L., Avdeeva L. Sovremennye problemy realizatsii garantirovannykh uslug naseleniyu v ramkakh sotsial'nogo obespecheniya i puti ikh resheniya [Modern problems of implementing the guaranteed services for the society in the framework of social security, and their solution]. *Sotsial'naya politika i sotsial'noe partnerstvo = Social Policy and Social Partnership*, 2012, no. 5, pp. 33–39.
12. Lapin A., Slepova V. Konkurentosposobnost' regional'noi ekonomiki [The competitiveness of regional economy: a project-based approach]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Problems of Theory and Practice of Management*, 2012, no. 7-8, pp. 56–61.
13. Minakir P. Ekonomicheskii rost i razvitie: regional'noe prilozhenie [Economic growth and development: regional application]. *Federalizm = Federalism*, 2013, no. 2, pp. 49–55.
14. Shvetsov A.N. Prostranstvennaya organizatsiya "informatsionnogo obshchestva" kak predmet sistemnogo analiza i ob"ekt gosudarstvennogo regulirovaniya [Spatial structure of information society as a subject of system analysis and an object of governmental regulation]. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2012, no. 4, pp. 45–66.
15. Cheberko E.F., Kazakov V.A. Sotsiokul'turnye faktory innovatsionnogo razvitiya [Socio-cultural factors of innovative development]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2013, no. 3, pp. 56–62.
16. Blyakhman L.S. Novaya industrializatsiya: sushchnost', politiko-ekonomicheskie osnovy, sotsial'no-ekonomicheskie predposylki i soprovozhdenie [New industrialization: the essence, political and economic principles, socio-economic preconditions, and attending phenomena]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2013, no. 4, pp. 44–53.
17. Grasmik K. Ekonomicheskoe razvitie i innovatsionnye seti: tochki soprikosnoveniya [Economic development and innovative networks: points of contact]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya = Problems of Theory and Practice of Management*, 2014, no. 3, pp. 64–69.
18. Vagizova V.I. Infrastrukturnoe obespechenie innovatsionnogo vzaimodeistviya biznesa, vlasti i sotsiuma v sovremennoi ekonomike [Infrastructural support of innovative interrelation of business, power, and society in contemporary economy]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2009, no. 3, pp. 17–21.
19. Chernaya I.P. Sotsial'nye imperativy marketinga innovatsii regiona [The social imperatives of region innovation marketing]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya = Theory and Practice of Social Development*, 2012, no. 3, pp. 276–280.
20. Uskova T.V., Barabanov A.S. Territorial'nyi marketing kak instrument sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Territorial marketing as an instrument of social and economic development of the region]. *Problemy razvitiya territorii = Problems of Territory's Development*, 2008, no. 2, pp. 38–47.