

УДК 338.45:662.767.2(470+571)

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БИОГАЗА В РОССИИ

В.М. КОШЕЛЕВ¹, Т.И. НУРГАЛИЕВ²

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ²Университет Хойенхайм

В статье отражена предложенная методика оценки рисков проектов по внедрению биогазовой технологии, проводимой на базе экономической оценки инвестиционных проектов строительства биогазовых установок в сельскохозяйственных организациях, применения комбинации методов экономико-математического моделирования, анализа инвестиционных проектов и сценарных модельных экспериментов. Преимущество данной методики заключается в широком охвате экономических и технологических особенностей производства не только субстратов, получаемых из сельскохозяйственных культур и отходов животноводства, но и товарной продукции растениеводства и животноводства. Оценка рисков проекта в разрезе сценариев позволяет выбрать наиболее рациональную специализацию объекта размещения биогазового производства, обеспечивающую его устойчивое функционирование при минимальных рисках. Методика апробирована на конкретном примере ООО «Агро-Виста «Тамбов» Тамбовской области.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка (БГУ), субстрат, инвестиционный проект, производственная структура предприятия, математическое моделирование, эффективность проекта, анализ рисков, анализ сценариев, анализ чувствительности, анализ методом «Монте Карло».

Главная цель проектов внедрения биогазовой технологии заключается в смягчении негативного антропогенного влияния на окружающую среду за счет снижения рисков загрязнения сточных вод, выброса парниковых газов и соблюдения углеродного баланса в атмосфере, сохранения лесопосадок и снижения эрозии почв, т.е. проект имеет ярко выраженную экологическую направленность.

Оценка экологических проектов, как правило, сталкивается с рядом сложностей, связанных с трудностями в финансовом измерении экологических выгод. Эту задачу можно решить следующим образом: сначала попытаться оценить в стоимостной форме все, что более или менее легко поддается такой оценке, затем сопоставить полученные выгоды с размером затрат на проект. И если результат окажется отрицательным, то его следует трактовать как цену, которую придется заплатить (предприятию-инициатору проекта, государству, обществу) за достижение тех экологических целей, которые не были учтены при переводе в стоимостную форму.

Проект внедрения биогазовой технологии в сельскохозяйственной организации имеет важную особенность по сравнению с многими другими проектами, которая заключается в том, что проект призван решить две задачи. С одной стороны, это проект, как мы уже отмечали, экологической направленности, а с другой стороны, он ориентирован на получение дополнительных доходов от коммерческого и/или производственного использования биогаза и биоудобрений. Если экологические выгоды количественно измерить затруднительно, то выгоды от реализации электроэнергии и биоудобрений, а также от использования тепла измерению поддаются довольно легко.

Кроме того, данный тип проектов имеет еще одну важную характеристику: его можно с большой степенью обоснованности отнести к инновационному типу, поскольку эти проекты направлены на производство *нового* продукта (биогаз и биоудобрения), в них используется «*новый*» вид сырья (например, навоз ни в каких традиционных производствах до сих пор не использовался для получения коммерческого продукта), в них применяется *новый* для России метод производства (биогазовая технология).

Как известно из теории и практики, инновационные проекты характеризуются высокими рисками. В то же время необходимо сделать оговорку о том, что биогазовые проекты в большом количестве уже были реализованы во многих странах мира, накоплен значительный опыт, позволяющий существенно снизить уровень неопределенности. С другой стороны, российские особенности накладывают некоторые ограничения на использование международного опыта. К ним относятся обширные территории страны, не обеспеченные традиционными источниками энергии, накопившиеся за многие десятилетия экологические проблемы, низкая занятость сельского населения, слабое развитие инфраструктуры сельских территорий и др.

Проекты внедрения биогазовых технологий в сельскохозяйственных объектах относятся к мультипроектам, т.е. проектам, которые (в случае их эффективности и/или привлекательности (целесообразности) могут и должны широко тиражироваться во многих регионах страны. Это обязывает к разработке (или использованию традиционной) методики оценки рисков таких проектов и их качественного определения и количественного измерения.

Как и многие инвестиционные проекты, реализуемые в сельском хозяйстве и имеющие существенную инновационную составляющую, проекты внедрения биогазовой технологии характеризуются повышенными рисками. Анализ рисков – важнейшая часть анализа проектов, целью которой является выявление и управление рисками реализуемого проекта. Основными направлениями анализа рисков являются анализ чувствительности, анализ сценариев проекта, а также анализ проекта методом статистических испытаний (анализ методом «Монте Карло») [1, с. 274-345]. В последних опубликованных работах по количественной оценке рисков подобных проектов часто комбинируют методы моделирования экономических процессов и оценки экономической эффективности проектов с анализом рисков и его составляющими [4, 5, 7, 8-10].

Материал и методика исследования. Одним из наиболее интересных и относительно сложных методов оценки рисков является анализ методом «Монте Карло».

Метод статистических испытаний (метод «Монте Карло») позволяет изучить изменение всех результативных параметров в зависимости от изменения сколь угодно

но многих входных параметров проекта, изменяемых одновременно от испытания к испытанию. Каждый входной параметр проекта при этом изменяется в соответствии с заданной функцией.

Общий вид зависимости какого-либо результативного параметра проекта от изменения всех входных параметров можно записать в виде

$$x_{kj} = f_k(x_{\{i\}j}), \quad (1)$$

где x – значение параметра проекта; f_k – функциональная зависимость параметра проекта от входных параметров по формуле k ; i – индекс входного параметра проекта; k – индекс результативного параметра проекта; j – индекс испытания; I – множество входных параметров проекта; K – множество результативных параметров проекта; J – подмножество испытаний. В частности, анализ методом статистических испытаний позволяет оценить вероятность значений результативных параметров проекта, если известны вероятности значений входных параметров проекта.

Функция распределения вероятностей значений каждого входного параметра проекта $f(x_i)$ (при условии их подчинения закону нормального распределения) имеет вид:

$$f(x_i) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}, \quad (2)$$

где x – параметр проекта; i – индекс входного параметра проекта; μ_i – математическое ожидание для входного параметра i ; σ_i – среднеквадратическое отклонение для входного параметра i .

Среднеквадратическое отклонение рассчитывается с применением квантильного метода расчета [4, 6] по формуле:

$$\sigma_i = \left| \frac{q(p_i) - \mu_i}{\Phi_{sn}^{-1}(p_i)} \right|, \quad (3)$$

где $q(p)$ – значение квантиля для вероятности p при $x_i < q$; $\Phi_{sn}^{-1}(p)$ – обратная функция для $f(x_i)$.

Источниками информации для расчетов являются формы бухгалтерской отчетности и экспертные оценки специалистов хозяйства ООО «Агро Виста «Тамбов», а также номинальные параметры оборудования компании ООО «Зорг Биогаз». Максимально возможные отклонения вариативных параметров в отраслях растениеводства и животноводства также опираются на экспертные оценки специалистов хозяйства.

Применение данной методики анализа рисков проекта методом «Монте Карло» встречается во многих работах, описывающих оценку внедрения технологий применения различных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), однако работ, касающихся оценки производства энергии непосредственно из биогаза, до настоящего момента ни в русскоязычной, ни в англоязычной научной литературе не было.

Кроме того, авторами разработан оригинальный программный комплекс, комбинирующий одновременное применение методов математического моделирования ситуаций «С проектом» и «Без проекта» с инструментами анализа

инвестиционных проектов и методом «Монте Карло», что позволяет проводить статистические испытания в автоматизированном режиме для практически неограниченного количества сценариев. Каждый отдельный сценарий включает в себя заданные условия, определяемые различными параметрами среды, в которой реализуется проект (например, различные соотношения цен на ресурсы и на реализуемую продукцию, наличие или отсутствие собственных средств для инвестиций в оборудование, использование или отказ от энзимов при производстве биогаза и др.).

Изменение входных параметров производится непосредственно в числовой модели оптимизации производственной структуры предприятия, причем изменения вносятся либо в модель для ситуации «С проектом», либо в модель «Без проекта», либо в обе модели одновременно в зависимости от самого параметра. Например, если мы исследуем влияние на проект возможных изменений продуктивности животных, то такие изменения повлияют на обе ситуации (независимо от того, будет проект реализован или нет), следовательно, данный параметр необходимо менять одновременно в обеих моделях. С другой стороны, если мы хотим проверить степень влияния изменений, например, цен на биоудобрения, то такие изменения могут повлиять лишь на ситуацию «С проектом», поскольку в ситуации «Без проекта» производство биоудобрений вообще не предусмотрено, т.е. изменение цен на биоудобрения следует вносить лишь в модель ситуации «С проектом».

Если изменение входного параметра производится в пределах устойчивости оптимального плана модели, то изменения в нем коснутся только базисных переменных, но даже при этом могут наблюдаться существенные изменения в значениях результативных параметров. Если же корректировка входных данных выходит за пределы устойчивости оптимального плана, то сам план меняется (из него могут выйти одни базисные переменные и войти другие). При этом появляется уникальная возможность (по сравнению с традиционной методикой анализа рисков) отслеживать не только количественные изменения результативных показателей в ограниченных пределах устойчивости системы, но и качественные – в пределах всего множества допустимых решений в рамках симплекса.

Главное требование, которое предъявляется при формировании набора сценариев, заключается в том, что каждый из них должен отражать высоковероятные изменения, которые действительно могут возникнуть в реальности. В частности, если в экономике сложилась какая-либо определенная устойчивая тенденция (например, опережающие темпы роста цен на энергоносители по сравнению с темпами роста цен на продовольствие, или наоборот), то сценарий, отражающий такую тенденцию, имеет все основания для изучения. Число сценариев может быть довольно большим, и модель позволяет исследовать каждый из них. Для апробации методики предлагаем рассмотреть ограниченное количество сценариев (табл. 1).

Алгоритм комплексного анализа рисков проекта в разрезе его сценариев заключается в следующем. В первую очередь идентифицируется набор сценариев. Для каждого сценария необходимо найти оптимальные решения для ситуаций «без» и «с» проектом по методике [3], после чего проводится экономическая оценка проекта, анализ чувствительности и анализ рисков проекта методом статистических испытаний по методике [1, 2]). Схема (алгоритм) анализа рисков для каждого сценария представлена ниже (рис. 1).

Сценарии реализации проекта по производству биогаза

Сценарии		Сценарии по составу отраслей			
		Растениеводство и животноводство	Растениеводство	Животноводство	
		А	В	С	
Сценарии по условиям использования электроэнергии	Электроэнергия производится БГУ с целью замещения закупаемой электроэнергии. Возможности реализации электроэнергии в общие электросети нет	1	1А	1В	1С
	Электроэнергия производится БГУ и реализуется в общие электросети по цене закупаемой электроэнергии	2	2А	2В	2С
	Электроэнергия производится БГУ и реализуется в общие электросети по цене с учетом субсидий, рассчитанных с целью минимизации рисков по сроку окупаемости проекта не более 10 лет	3	3А	3В	3С

Результаты и обсуждение. Для определения плотности вероятностей значений результативных параметров проекта в зависимости от колебаний изменяемых входных параметров для каждого сценария были рассчитаны значения результативных параметров. Для осуществления данного количественного эксперимента было проведено 1000 испытаний в среде MSExcel 2016 при помощи макроса, после чего были проведены соответствующие группировки.

По итогам применения данной методики можно сделать выводом том, что проект, реализуемый по сценариям 1А и 1С, может быть эффективным, однако вероятность этого невелика. Вероятность того, что проект будет эффективен, если будет реализоваться по сценарию 1В, отсутствует. Кроме того, все сценарии группы 1 непривлекательны с точки зрения периодов окупаемости: вероятность того, что они окупятся менее чем через 10 лет, равна нулю, а вероятность того, что они окупятся в период от 10 до 50 лет, невысока. Крайне высока вероятность того, что их периоды окупаемости превысят 50 лет или не существуют вовсе.

Сценарии группы 2, когда есть возможность реализовать всю произведенную БГУ электроэнергию в общие энергосети, более привлекательны. Несмотря на то, что вероятность окупаемости проекта, реализуемого только на базе растениеводства, отсутствует, вероятность окупаемости проекта, реализуемого при комбинированной отраслевой структуре или же на базе только животноводства, близка к 100%. При этом в сценарии 2С вероятность того, что период окупаемости составит период более 10 лет, близка нулю, и это делает его наиболее привлекательным в данной группе. Вероятность, того что период окупаемости в сценарии 2А составит период более 10 лет, также невысока.

Сценарии группы 3 являются наиболее привлекательными. Рассчитанные с целью минимизации рисков проекта минимальные цены на электроэнергию для каждого из них позволили обеспечить им 100%-ную вероятность положительного NPV, а также вероятность того, что РВР составит период менее 10 лет, близка к 100%.

Вероятности значений основных показателей эффективности проекта представлены в таблице 2. Распределение вероятностей значений NPV и PBP, полученное в результате реализации метода «Монте-Карло», представлено на рисунках 2 и 3.

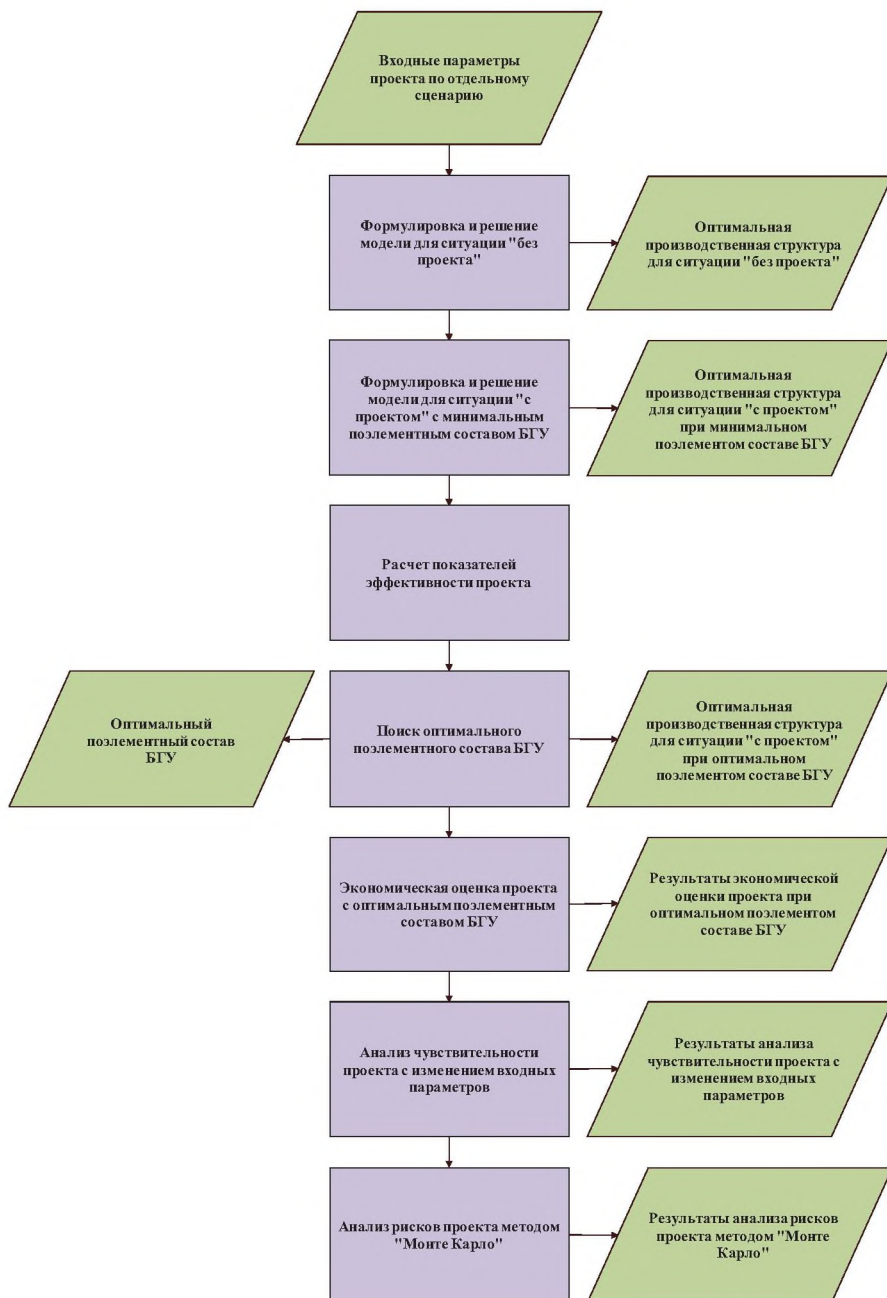


Рис. 1. Алгоритм анализа отдельного сценария проекта по внедрению биогазовой технологии

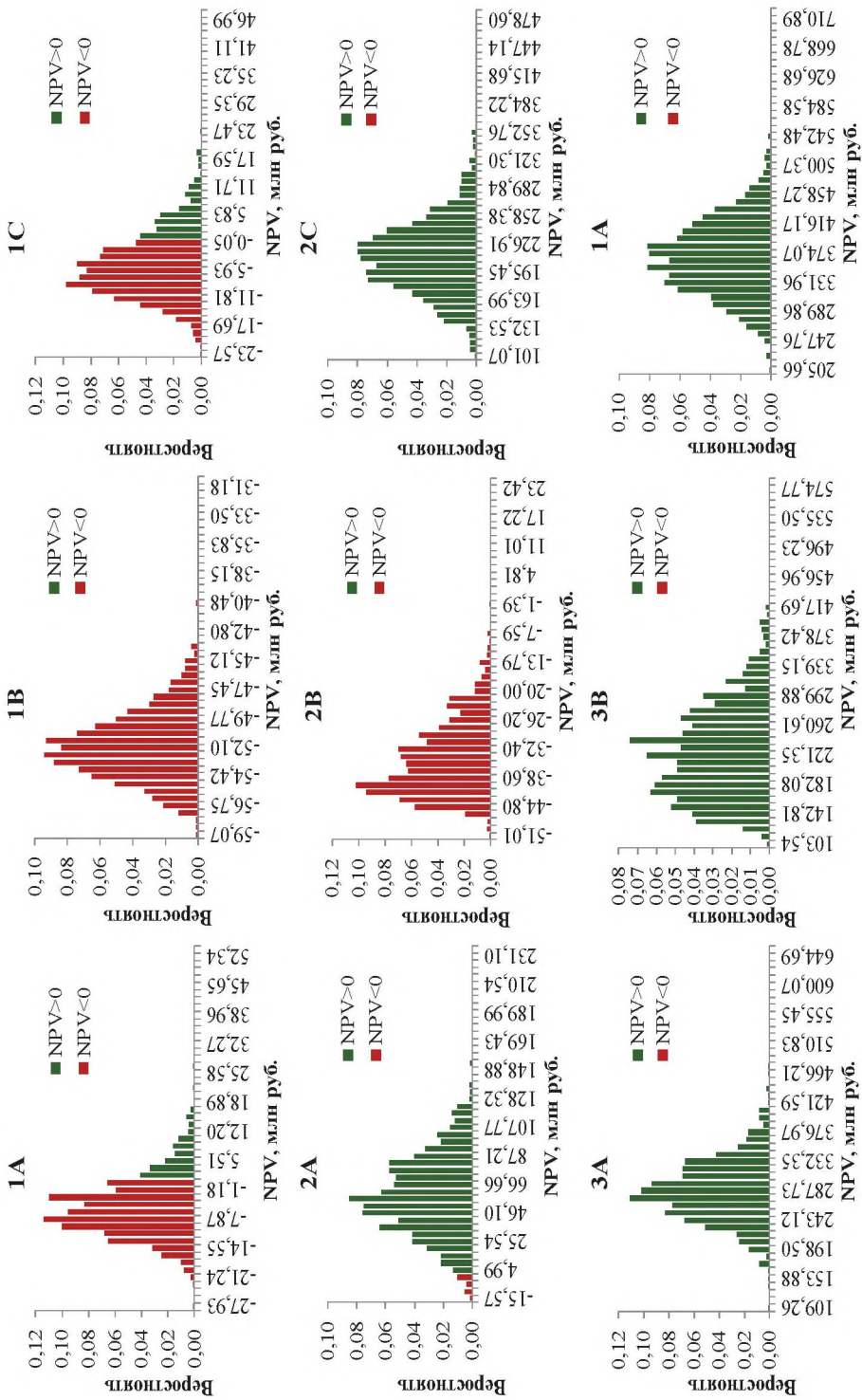


Рис. 2. Распределение вероятностей значений NPV проекта в разрезе сценариев

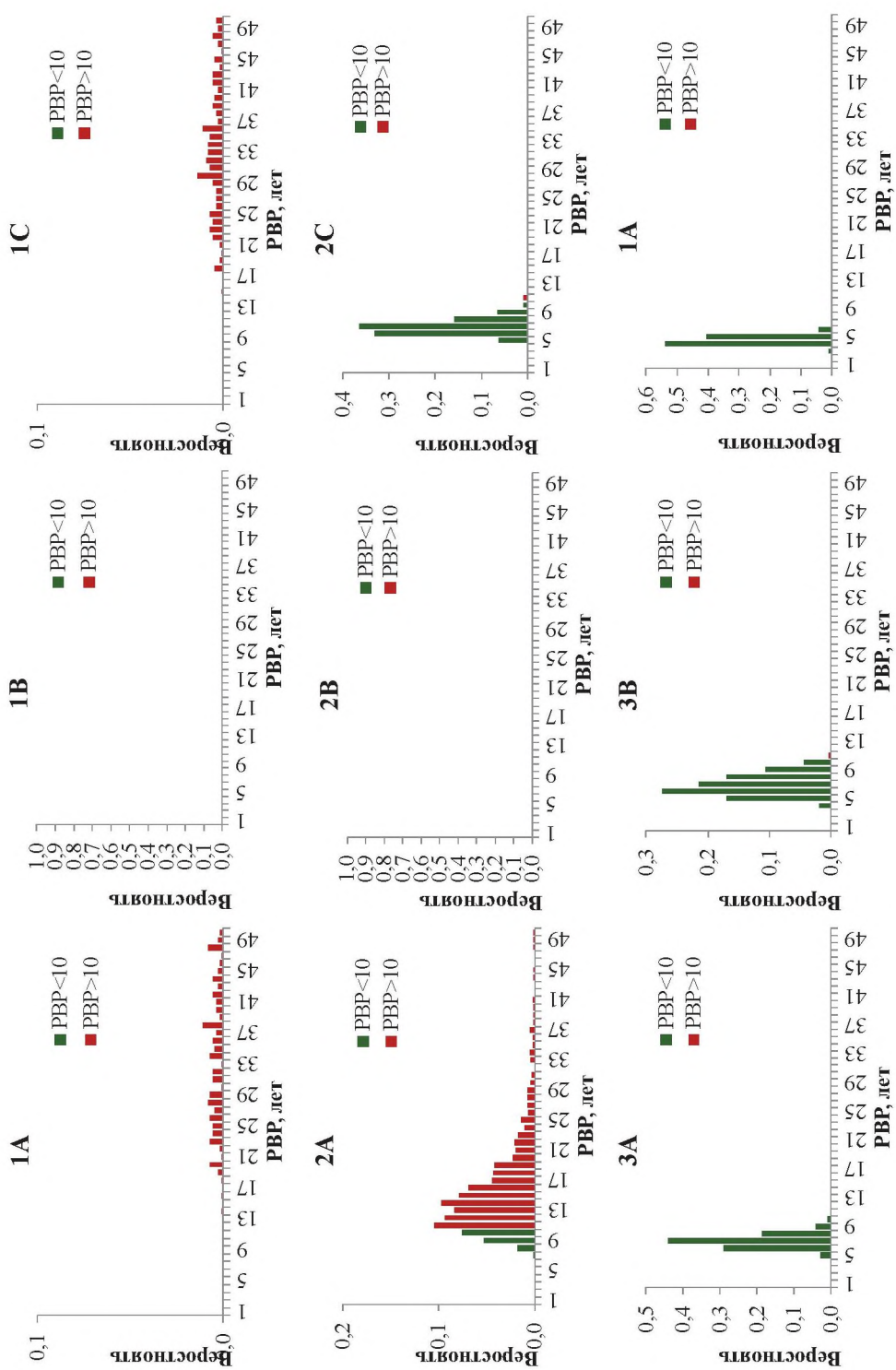


Рис. 3. Распределение вероятностей значений PBP проекта в разрезе сценариев

Вероятности значений основных показателей эффективности проекта

Параметр		А	В	С	
Сценарии реализации электроэнергии произведенной БГУ	1	NPV<0	84,0	100,0	80,1
		NPV>0	16,0	0,0	19,9
		PBP>50 или не существует	84,7	100,0	82,4
		PBP>10	15,3	0,0	17,6
		PBP<10	0,0	0,0	0,0
	2	NPV<0	2,0	100,0	0,0
		NPV>0	98,0	0,0	100,0
		PBP>50 или не существует	2,8	100,0	0,0
		PBP>10	82,5	0,0	0,9
		PBP<10	14,7	0,0	99,1
	3	NPV<0	0,0	0,0	0,0
		NPV>0	100,0	100,0	100,0
		PBP>50 или не существует	0,0	0,0	0,0
		PBP>10	0,3	0,5	0,0
		PBP<10	99,7	99,5	100,0

Выводы

Поскольку производство биогаза в любом реальном сельскохозяйственном объекте подразумевает строительство и установку оборудования, а также изменение производственной структуры организации в случае начала производства биогаза и сопутствующей продукции (что предполагает существенные структурные изменения в объекте и повышает риски), то сделан вывод о целесообразности проведения вариантных расчетов с применением методов анализа рисков на базе оценки инвестиционного проекта с одновременной оптимизацией производственной структуры сельскохозяйственной организации, учитывающей возможности выбора субстратов из различных видов растительного сырья и отходов животноводства, в едином модельном комплексе.

Результаты апробации методики на материалах конкретного объекта показали способность разработанного модельного комплекса одновременно учитывать большое число факторов, влияющих на эффективность проекта, и комплексно оценивать риски. Распространение разработанной методики для применения на других объектах позволит готовить и принимать грамотные инвестиционные решения по внедрению биогазовой технологии.

Библиографический список

1. *Александров Д.С., Кошелев В.М.* Экономическая оценка инвестиций: Учебник. М.: Колос-Пресс, 2002. 382 с.
2. *Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г.* Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / 2-я ред. М.: ОАО НПО Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
3. *Кошелев В.М., Нургалиев Т.И.* Экономические аспекты внедрения технологии производства биогаза в сельскохозяйственной организации // Вестник Московского агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. 2015. № 6. С. 50-55.
4. *Arnold U., Yildiz Ö.* Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach // *Renew. Energy*. 2015. Vol. 77. P. 227-239.
5. *Chang C.-Y.* A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects // *Int. J. Proj. Manag.* 2013. Vol. 31. № 7. P. 1057-1067.
6. *Cook J.D.* Determining distribution parameters from quantiles: working paper 55. Houston, TX, 2010.
7. *Di Lorenzo G. et al.* Monte-Carlo simulation of investment integrity and value for power-plants with carbon-capture // *Appl. Energy*. 2012. Vol. 98. P. 467-478.
8. *Ferdan T. et al.* A waste-to-energy project: A complex approach towards the assessment of investment risks // *Appl. Therm. Eng.* 2015. Vol. 89. P. 1127-1136.
9. *Pereira E.J. da S. et al.* Methodology of risk analysis by Monte Carlo Method applied to power generation with renewable energy // *Renew. Energy*. 2014. Vol. 69. P. 347-355.
10. *Schade B., Wiesenthal T.* Biofuels: A model based assessment under uncertainty applying the Monte Carlo method // *J. Policy Model.* 2011. Vol. 33. № 1. P. 92-126.

RISKS ASSESMENT OF BIOGAS PROJECTS IN RUSSIA

V.M. KOSHELEV¹, T.I. NURGALIEV²

¹Russian Timiryazev State Agrarian University; ²University of Hohenheim

The methodology of risks assessment for biogas projects is offered in this paper. The risks assessment of biogas projects was realized by means of combined instruments of investment project analysis, methods of mathematical modeling of farm production structure and scenarios analysis.

The advantage of the offered methodology is the wide covering of different economic and technologic features of not only substrates production from different crops and animal breeding wastes but commodity sectors of the farm as well. Risks assessment of biogas projects in the context of formulated scenarios allows choosing the optimal specialization of potential farm for biogas plant installation, optimal substrates combination, and also foundation of potential state support for risks minimization. The calculation methodology is applied for the farm LLC «Agro Vista «Tambov» in the Tambov region.

Key words: *biogas, biogas plant, substrate, investment project, production structure of a farm, mathematical modeling, project effectiveness, risks analysis, sensitivity analysis, Monte Carlo method.*

References

1. *Alexanov D.S., Koshelev V.M.* Ekonomicheskaya otsenka investitsiy. Uchebnik. M.: Kolos-Press. 2002. 382 p.
2. *Kossov V.V., Livshits V.N., Shahnazarov A.G.* Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov (Vtoraya red.). M.: OAO NPO Izd-vo «Ekonomika», 2000. 421 p.
3. *Koshelev V.M., Nurgaliev T.I.* Ekonomicheskie aspekty vnedreniya tehnologii proizvodstva biogaza v sel'skohozyaystvennoy organizatsii // Vestnik Moskovskogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Goryachkina. 2015. № 6. P. 50-55.
4. *Arnold U., Yildiz Ö.* Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach // *Renew. Energy*. 2015. Vol. 77. P. 227-239.
5. *Chang C.-Y.* A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects // *Int. J. Proj. Manag.* 2013. Vol. 31, № 7. P. 1057-1067.
6. *Cook J.D.* Determining distribution parameters from quantiles: working paper 55. Houston, TX, 2010.
7. *Di Lorenzo G. et al.* Monte-Carlo simulation of investment integrity and value for power-plants with carbon-capture // *Appl. Energy*. 2012. Vol. 98. P. 467-478.
8. *Ferdan T. et al.* A waste-to-energy project: A complex approach towards the assessment of investment risks // *Appl. Therm. Eng.* 2015. Vol. 89. P. 1127-1136.
9. *Pereira E.J. da S. et al.* Methodology of risk analysis by Monte Carlo Method applied to power generation with renewable energy // *Renew. Energy*. 2014. Vol. 69. P. 347-355.
10. *Schade B., Wiesenthal T.* Biofuels: A model based assessment under uncertainty applying the Monte Carlo method // *J. Policy Model.* 2011. Vol. 33. № 1. P. 92-126.

Кошелёв Валерий Михайлович – д.э.н., профессор, заведующий кафедрой управления и сельского консультирования РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-916-623-85-15; e-mail: vmkoshelev@gmail.com.

Нургалиев Тимур Ильдусович – докторант Института агроинженерии университета Хойенхайм; 70593, Штутгарт, Гарбенштрассе, 9; тел.: +7-905-792-25-69; e-mail: nti87@yandex.ru.

Koshelev Valeriy Mikhaylovich – Doctor of economics, Professor, Head of Management Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, str. Timiryazevskaya, 49, Moscow; tel.: +7-916-623-85-15; e-mail: vmkoshelev@gmail.com.

Nurgaliev Timur Ildusovich – PhD-student of Insitute of Agroengineering, University of Hohenheim, 70593, Garbenstr., 9, Stuttgart; tel.: +7-905-154-54-46; e-mail: nti87@yandex.ru.