ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-743-752

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Инновационные технологии очистки сточных вод для ресурсосберегающей деятельности комбикормовых предприятий

С. К. Мизанбекова[1,*], И. П. Богомолова[2], И. Н. Василенко[2], О. А. Уразова[2]

[1] *Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Республика Казахстан*

[2] *Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия*

Поступила в редакцию: 12.04.2021

Принята после рецензирования: 30.08.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: salima-49@mail.ru*
© С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, И. Н. Василенко, О. А. Уразова, 2021

Аннотация.
Введение. Перспективным направлением инновационного развития отраслевых предприятий в области ресурсосбережения и минимизации негативного воздействия на окружающую среду является рациональное использование сточных вод. Содержащееся в их осадке значительное количество пригодных для извлечения, переработки и дальнейшего использования веществ актуализирует данное исследование. Цель работы – обосновать целесообразность применения новых технологий производства метионина, определение потенциальных рисков инноваций, повышающих ресурсный потенциал предприятий, а также расчет экологического и технико-экономического эффекта.
Объекты и методы исследования. Сточные воды от производственной деятельности предприятий комбикормовой промышленности. Использованы системные научные подходы и статистические методы. Расчеты базировались на описании эксперимента внедряемой технологии на предприятии, обобщении балансовой схемы извлечения аминокислоты и материального баланса (массы исходного сырья, вспомогательных веществ, готовой продукции и потерь в виде выбросов, сбросов и твердых отходов), анализе экологического ущерба, диалектическом сравнении результатов альтернативного и традиционного технологических решений.
Результаты и их обсуждение. Обоснованы потенциальные риски внедрения (необходимость частичной реорганизации производственной структуры предприятия и технологии выпуска комбикормов, дополнительная потребность в инвестиционных ресурсах и др.) и эколого-экономический эффект применения технологии производства метионина из сточных вод комбикормового производства. Расчетная часть была выполнена на примере отраслевого предприятия Воронежской области. За год планируется выпустить 1452 т продукции (метионина) на сумму 58080 тыс. руб., рентабельность реализованной продукции составит 616,76 %, валовая рентабельность продаж − 86,1 %, срок окупаемости проекта – 1,44 месяца, показатель эффективности капитальных вложений – 8,45. Была доказана экономическая целесообразность реализации данного проекта на базе комбикормового производства предприятия.
Выводы. Реализация инновационного проекта позволит снизить негативное влияние на окружающую среду, повысить ресурсоэффективность предприятия и обеспечить дополнительный доход. Оценка проекта подтверждает целесообразность его конструкторских, технических и технологических решений.

Ключевые слова. Комбикормовое производство, ресурсосбережение, эффективность, импортозамещение, метионин, сточные воды, экология

Финансирование. Работа выполнена на базе Казахского национального аграрного университета (КазНАУ) и Воронежского государственного университета инженерных технологий (ВГУИТ).

Для цитирования: Инновационные технологии очистки сточных вод для ресурсосберегающей деятельности комбикормовых предприятий / С. К. Мизанбекова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 743–752. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-743-752.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Innovative Wastewater Treatment Technologies for Resource-Saving Activities of Feed Mills

Salima K. Mizanbekova[1,*], Irina P. Bogomolova[2], Irina N. Vasilenko[2], Olga A. Urazova[2]

[1] Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan

[2] Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Received: April 12, 2021

Accepted in revised form: August 30, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

*e-mail: salima-49@mail.ru
© S.K. Mizanbekova, I.P. Bogomolova, I.N. Vasilenko, O.A. Urazova, 2021

Abstract.
Introduction. National economies are looking for tools to activate the explicit and hidden resource potential. Innovative resource-saving projects are such a tool. Feed production strives to increase its resource efficiency.
Study objects and methods. The present research featured the feed industry of the Russian Federation and regional feed mills. It involved structural, functional, and systematic approaches and standard research methods.
Results and discussion. Liquid waste proved to be an important resource potential of modern feed production. It contains substances with high nutritional, biological, and energy value and can be used to produce methionine. The experimental part featured an industrial enterprise in the Voronezh region, which expects to produce 1452 tons of methionine worth 58 080 thousand rubles. The profitability will be 616.76%, the gross return on sales − 86.1%, the payback time – 1.44 months, the efficiency of capital investments – 8.45.
Conclusion. The innovative project will reduce the negative impact on the environment, increase the resource efficiency of the enterprise, and provide additional income.

Keywords. Compound feed production, resource saving, efficiency, import substitution, methionine, waste water, ecology

Funding. The work was performed on the premises of the Kazakh National Agrarian Research University (KazNARU) and the Voronezh State University of Engineering Technologies (VSUET).

For citation: Mizanbekova SK, Bogomolova IP, Vasilenko IN, Urazova OA. Innovative Wastewater Treatment Technologies for Resource-Saving Activities of Feed Mills. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):743–752. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-743-752.

Введение

В настоящее время актуальность инновационных преобразований и разработок в различных областях и сферах экономической деятельности приобрела экстраординарный характер. Именно инновационные разработки и решения позволяют ведущим экономикам мира укреплять свои позиции и наращивать конкурентные преимущества.

Интенсивный формат экономического воспроизводства вышел на совершенно иной уровень приоритета, в основе которого находятся инновационные методы и подходы. Инновационные преобразования имеются в различных сферах и производственных процессах. Высокую перспективную значимость и актуальность в настоящее время приобрели ресурсосберегающие проекты инновационного типа.

Отмеченные тенденции актуальны для сферы агропромышленного производства, в частности для комбикормовой промышленности. Несмотря на положительный тренд развития отрасли, сегодня ей присущи многие проблемы системного порядка. Их разрешение требует разработки и применения новых/инновационных методов и подходов. Применение ресурсосберегающих технологий позволяет не только оптимизировать уровень ресурсопотребления и повысить эффективность использования всех имеющихся в распоряжении предприятия ресурсов, но и выявить ресурсный потенциал и максимально использовать его в реальном производственном процессе.

Важным направлением применения инновационных решений в сфере комбикормового производства является рационализация использования сточных вод с целью достижения максимального уровня минимизации негативного воздействия на окружающую среду и получения дополнительного дохода. Сточные воды комбикормовых предприятий содержат большое количество веществ, пригодных для извлечения и дальнейшего использования. Среди них можно выделить такую аминокислоту, как метионин, относящуюся к числу незаменимых аминокислот, не способных синтезироваться в организме животного, поэтому при кормлении данную аминокислоту вводят в качестве пищевой добавки. Дефицит метионина в рационе животных приводит к нарушению синтеза белков, наступает жировая инфильтрация костной ткани, расстройство нервной системы и нарушается кроветворная функция костного мозга. Таким образом, можно сделать вывод о большой физиолого-биохимической роли метионина в организме животных.

Следовательно, одним из важнейших элементов ресурсного потенциала современного комбикормового

производства является осадок сточных вод, в котором содержится большое количество веществ, обладающих высокой пищевой, биологической и энергетической ценностью. В аспекте последнего в работе была поставлена цель − выполнить технико-экономическое обоснование инновационного проекта ресурсосберегающего типа (технология производства метионина из сточных вод комбикормового производства (патент на изобретение № 2737773)).

Проведенные оценочные расчеты были выполнены исходя из следующих начальных условий: плановый объем выпуска продукции − 1452 т продукции (метионина); отпускная цена реализации – 40 тыс. руб./т. Цена была определена исходя из показателя себестоимости и среднего уровня цен аналогичного товара на потребительском рынке. Это было сделано, чтобы обеспечить требуемый уровень конкурентоспособности товара. В ходе проведенных расчетов были получены следующие данные: рентабельность реализованной продукции − 616,76 %; валовая рентабельность продаж − 86,1 %; срок окупаемости проекта – 1,44 месяца; показатель эффективности капитальных вложений – 8,34; показатель эколого-экономической-эффективности – 8,27.

Исходя из полученных данных, а также учитывая результаты проведенного маркетингового исследования, которое доказало наличие устойчивого потребительского спроса на данную продукцию, можно сделать вывод о том, что данный инновационный проект обладает необходимым уровнем конструкторской, технико-технологической и экономической целесообразности. Его реализация на промышленно-производственной площадке обеспечит предприятию высокий уровень ресурсоэффективности, экологичности производства, дополнительный доход, а также повысит общий показатель эффективности и конкурентоспособности.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выступила комбикормовая промышленность России. Прикладные разработки были апробированы на примере одного из комбикормовых заводов Воронежской области.

В работе были использованы общенаучные подходы (структурный, функциональный, системный) и методы (анализ, синтез, дедукция, обобщение, научное объяснение); диалектические методы познания; методы теоретического исследования (идеализация, мысленный эксперимент, гипотетико-дедуктивный метод); методы эмпирического исследования (описание, сравнение).

Результаты и их обсуждение

Комбикормовая промышленность является важнейшим структурно-функциональным звеном всего агропромышленного комплекса, находясь в центре всей производственно-технологической цепочки продовольственного рынка [1–4]. Последнее десятилетие отечественное комбикормовое производство развивается успешно (среднегодовой темп прироста − 6,7 %). Среди основных причин данной тенденции стоит выделить: перманентный рост спроса на корма со стороны основного потребителя – животноводческого сектора АПК; хорошую организацию системы сырьевого обеспечения (производство основных компонентов для выработки кормов) [5–8]. Поголовье птицы в сельскохозяйственных предприятиях за последние 10 лет (2010–2020 гг.) увеличилось на 23,8 %, а свиней – в 2,2 раза.

Анализ данных показал, что в 2020 г. отечественной комбикормовой промышленностью было выработано порядка 30,8 млн т комбикормов (+ 3,9 % к предыдущему периоду). Необходимо подчеркнуть, что по факту объемы производства кормов выше, т. к. в данном отраслевом сегменте имеется теневой рынок (~ 25 %). Результаты его деятельности не отражаются в данных официальной статистики [9, 10].

Структура производства комбикормов соответствует уровню потребительского спроса. Около 50 % всех кормов приходится на птицеводство, доля свиноводства − 41,7 %, доля комбикормов для КРС составляет 7,8 % (табл. 1). Остальная часть (~ 0,5 %) приходится на долю кормов для аквакультуры, звероводства и прочих животных.

Исследование структуры рынка (баланс спроса и предложения) показало, что внутренние потребности в комбикормах полностью удовлетворяются отечественными производителями. При этом объемы экспортных и импортных поставок незначительны (доля экспорта менее 0,2 %).

Таблица 1. Динамика производства комбикормов в России, млн т [11]

Table 1. Dynamics of mixed feed production in Russia, million tons [11]

Вид комбикорма/Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Для сельскохозяйственной птицы	14,047	14,379	15,483	15,637	15,662	15,384
Для свиней	8,599	9,461	10,226	11,204	12,248	12,853
Для КРС	2,066	2,133	2,202	2,224	2,338	2,419
Итого	24,7	26,0	27,9	29,1	30,2	30,7

Основным сырьем для производства отечественных комбикормов являются зерновые и зернобобовые культуры и их смеси. Также находят применение отходы мукомольно-крупяной промышленности (отруби, сечка, дробленка). Доля зерновых в готовых комбикормах составляет порядка 45–70 % в зависимости от их вида. Кроме того, в рецептуру комбикормов могут входить следующие компоненты: мука (травяная и животного происхождения), белково-витаминно-минеральные концентраты и добавки, ферменты, аминокислоты и др. Современная комбикормовая промышленность России зависит от функционирования и тенденций развития зернового рынка, а также импортных поставок различных добавок и питательных компонентов (БВМД, ВМК, ферменты, аминокислоты). В настоящее время более 80 % кормовых добавок поставляются из-за рубежа. Основными поставщиками являются Китай, Дания, Норвегия, Германия, Белоруссия и Бразилия [9, 12].

Таким образом, несмотря на положительное развитие отрасли, сегодня ей присущи многие проблемы системного порядка. Их разрешение требует разработки и применения новых инновационных методов и подходов.

Важным направлением применения инновационных решений в сфере комбикормового производства является рационализация использования сточных вод с целью достижения максимального уровня минимизации негативного воздействия на окружающую среду и получения дополнительного дохода [2, 13].

Сточные воды комбикормовых предприятий содержат большое количество веществ, пригодных для извлечения и дальнейшего использования. Среди них можно выделить такую аминокислоту, как метионин. Он относится к числу незаменимых аминокислот, не способных синтезироваться в организме животного, поэтому при кормлении метионин вводят в качестве пищевой добавки. Дефицит метионина в рационе животных приводит к нарушению синтеза белков, наступает жировая инфильтрация костной ткани, расстройство нервной системы и нарушается кроветворная функция костного мозга. Таким образом, метионин играет большую физиолого-биохимическую роль в организме животных.

В реальном производственном процессе (откорм животных) потребности скота и птицы в метионине удовлетворяются за счет компонентов натурального или синтетического сырья. Отраслевые расчеты показывают, что 0,1 % метионина в рационе можно восполнить соевым шротом (16 %) или рыбной мукой (5,6 %). Кроме того, можно использовать синтетическую добавку метионина (DL-метионина) в объеме 0,1 %, что составляет порядка 31 тыс. т в год (табл. 1.). Использовать синтетический метионин экономически выгодно и целесообразно, т. к. животные не потребляют избыточный белок – дорогой и негативно воздействующий на показатели их продуктивности [8].

Таким образом, предлагается к внедрению технология выделения метионина из сточных вод комбикормовых заводов. Она позволит получить целевой продукт с последующей его реализацией при приготовлении премиксов, комбикормов и кормовых добавок с более низкой себестоимостью из-за снижения затрат на транспортировку и выделения целевых продуктов из отходов производства. Данная технология ориентирована на решение экологических проблем, поскольку внедренная инновация позволит снизить объем сточных вод предприятия.

Так как современная отечественная комбикормовая промышленность зависит от импортных поставок различных белково-витаминно-минеральных добавок, в том числе аминокислот, то реализация данного инновационного проекта позволит не только минимизировать издержки отдельных отраслевых предприятий, но и усилить позиции страны в плане импортозамещения. Метионин, выделенный по предлагаемой технологии, будет иметь более низкую себестоимость из-за снижения затрат на транспортировку и выделения целевого продукта из отходов производства. Средняя цена на рынке кормового метионина отечественного производства по данным 2019 г. равна 70 руб./кг, в то время как цена зарубежного аналога 100 руб./кг. Стоимость метионина, выделенного предлагаемым способом, будет значительно ниже даже отечественных цен – 40 руб./кг [14, 15].

В таблице 2 представлены основные отечественные и зарубежные производители метионина.

Было выполнено (по данным 2019–2020 гг.) технико-экономическое обоснование проекта применения технологии извлечения метионина из сточных вод на примере одного из комбикормовых заводов Воронежской области. Основные риски внедрения технологии извлечения метионина из сточных вод приведены на рисунке 1.

Грамотная постановка задач менеджмента является важнейшим фактором, влияющим на успех реализации проекта. На рисунке 2 представлена балансовая схема извлечения аминокислоты, являющаяся основой всех дальнейших расчетов.

Таблица 2. Основные производители метионина

Table 2. Main producers of methionine

Отечественные производители	Зарубежные поставщики
АО «АминоСиб» (Тюменская область)	«CheilJedang» (Индонезия)
ЗАО «Завод премиксов № 1» (Белгородская область)	«Bio-Chem» (Китай)
ООО «Волжский Оргсинтез» (Волгоградская область)	

Рисунок 1. Потенциальные риски реализации проекта [8, 16, 17]

Figure 1. Potential risks [8, 16, 17]

Расчет проводился по методике В. И. Данилова-Данильяна. Исходные данные для расчета: производительность линии – 4400 кг/сут.; годовой фонд рабочего времени – 330 дней (оставшиеся дни планируется отвести под промывку, дезинфекцию и наладку оборудования); извлечению подвергается 98 % содержащегося в сточной воде метионина – 1452 т/год; 2 % составляют потери (29,6 т/год). Приведенные характеристики описаны в технологии извлечения метионина из сточных вод – патент на изобретение № 2737773.

Материальный баланс должен удовлетворять условию:

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4 \quad (1)$$

где M_1 – масса исходного сырья, т/год; M_2 – масса вспомогательных веществ, т/год; M_3 – масса готовой продукции, т/год; M_4 – потери (выбросы, сбросы, твердые отходы), т/год.

Рассчитали показатель предотвращенного экологического ущерба водным ресурсам, чтобы понять, сколько можно сэкономить финансовых ресурсов на уплате налога за негативное влияние на окружающую среду. Данный показатель определяется по следующей аналитической формуле:

$$У^{В} = У^{В}_{уд} \times K^{В}_{эг} \times \sum_{i=1}^{n} M_i \times K_{и} \quad (2)$$

где $У^{В}$ – экологический ущерб водным ресурсам в рассматриваемом r-ом регионе в течение отчетного периода, руб.; $У^{В}_{уд}$ – показатель удельного ущерба водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ на конец отчетного периода для j-го водного объекта в рассматриваемом r-ом регионе, руб./усл. т (для бассейнов рек Воронежской области на период с 2015 по 2019 гг. в медианном значении составляет 9772 руб./усл. т); M_i – приведенная масса загрязняющих веществ, поступивших в j-й водный источник с k-го объекта в r-ом регионе в течение отчетного периода времени, тыс. усл. т; $K^{В}_{эг}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек (для бассейнов рек Воронежской области за аналогичный период равен 1,15); $K_{и}$ – коэффициент индексации базовых нормативов платы (равен 5,43).

$$M_i = \sum(m_i^B \times K_{эг}^B) \quad (3)$$

где m_i^B – фактическая масса i-го загрязняющих веществ, поступившего в водный объект в течение отчетного периода, т; $K_{эг}^B$ – коэффициент эколого-экономической опасности i-го загрязняющих веществ или группы веществ; i – индекс загрязняющего вещества или группы веществ.

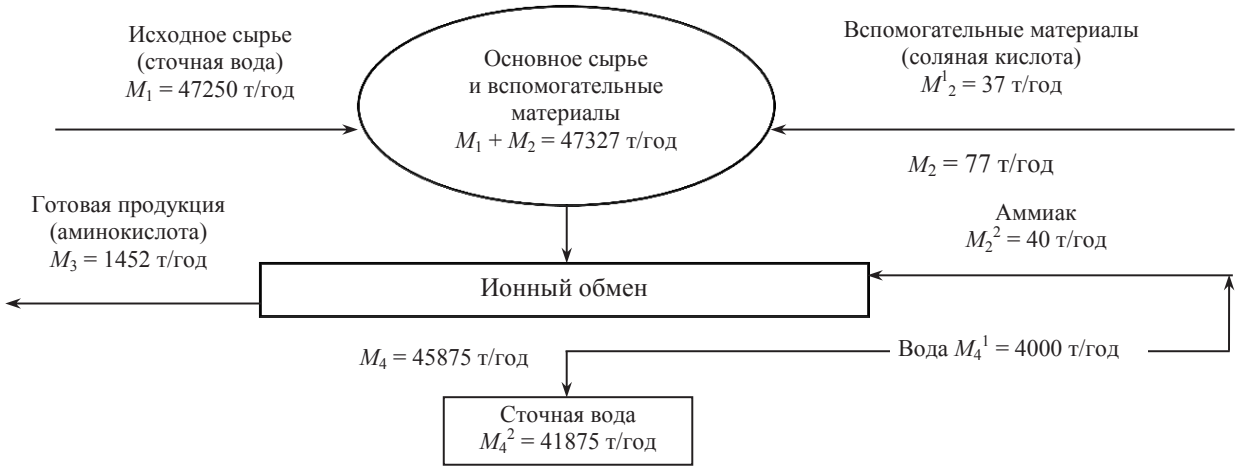

Рисунок 2. Балансовая схема извлечения аминокислоты [8]

Figure 2. Balance scheme of amino acid extraction [8]

Таблица 3. Показатели предотвращенного ущерба водным объектам

Table 3. Indicators of prevented water pollution

Вещество	$K^{в}_{эг}$	$У^{в}_{уд}$	$K_{и}$	$K^{в}_{i}$	Фактический сброс, т/год	Ущерб водным объектам, руб.
Аминокислота метионин	1,15	9772	5,43	90	29,6	16260620,65

Рассчитали показатель предотвращенного экологического ущерба водным ресурсам (табл. 3).

Далее провели расчет технико-экономических показателей работы проектируемой технологической линии. Затраты определяются капитальными затратами на сооружение установок и эксплуатационными расходами, обеспечивающими нормальную эксплуатацию установки, руб./год.

Исходные данные для расчетов, в соответствии с информацией 2019 г., приведены в таблицах 4 и 5.

Характеристики закупаемых производственных аппаратов с совокупной закупочной стоимостью более 2,5 млн руб. представлены в таблице 5.

Далее необходимо рассчитать капитальные затраты на основное и дополнительное оборудование, его транспортировку, затраты на монтаж и строительные работы. В таблице 6, в соответствии со статистическими данными 2019 г., представлена сводная характеристика капитальных вложений

Затем необходимо провести расчет эксплуатационных расходов, в состав которых входят стоимость сырья, энергетические затраты, заработная плата сотрудников и т. д. В таблице 7, по информации указанного периода, представлена сводная характеристика эксплуатационных расходов.

Таблица 4. Характеристика параметров технологического процесса извлечения метионина

Table 4. Technological process of methionine extraction

Наименование параметра	Значение параметра
Производительность предприятия, кг/ч	183,3
Время работы производства: дней в году часы смены	 330 24 2
Стоимость исходных материалов, руб./т: соляная кислота аммиак	 16500 4191,3
Стоимость готовой продукции, руб./т	40 000
Заработная плата, руб.: производственные рабочие инженерно-технические работники	 22000 27000
Количество работников: производственные рабочие ИТР	7 6 1

Провели расчет прибыли от реализации продукции и эколого-экономической эффективности. Планируется, что предприятие будет выпускать 1452 т/год готовой продукции. Цена реализации данной продукции составит порядка 40 тыс руб./т. Таким образом, годовая выручка от реализации продукции составит:

$$B_{ГП} = 1452 \times 40000 = 58080 \text{ тыс. руб.}$$

Используя исходные данные, эколого-экономическая эффективность для предлагаемой к проектированию технологической линии для извлечения аминокислот из производственных

Таблица 5. Характеристики производственных аппаратов [16]

Table 5. Characteristics of production equipment [16]

Наименование аппарата	Количество, шт.	Мощность, кВт/ч
Емкость для хранения	2	1,35
Ионообменная колонна «ABC EnvironmentTech»	1	3,50
Регенерационная колонна «ABC EnvironmentTech»	1	3,50
Распылительная сушилка PC 1000	1	15,00
Вакуум-выпарной аппарат МЗС-320	1	10,75
Упаковочная установка «LIEBFRIED»	1	2,50

Таблица 6. Сводная характеристика капитальных вложений

Table 6. Capital investments

Виды затрат	Сумма, руб.
Основное технологическое оборудование, K_1	2547000,00
Дополнительное оборудование, K_2	509400,00
Полная стоимость оборудования, $K_{об}$	3056400,00
Транспорт, K_3	259794,00
Металлоконструкции, K_4	1528200,00
Монтаж оборудования, K_5	458460,00
Строительные работы, K_6	611280,00
Всего, $K_{кап}$	5914134,00

Таблица 7. Сводная характеристика эксплуатационных расходов

Table 7. Operating costs

Виды затрат	Сумма, руб.
Энергетические затраты, C_1	1352538
Основная и дополнительная заработная плата рабочих и ИТР, C_2	1908000
Отчисления на социальное страхование, C_3	696420
Расходы на текущий ремонт, C_4	232126
Амортизация, C_5	376854
Общепроизводственные расходы, C_6	1842700
Общехозяйственные расходы, C_7	916296
Стоимость сырья, C_8	778152
Всего, $C_{себ}$	8103086

Таблица 8. Показатели эффективность проекта

Table 8. Project effectiveness

Показатель	Значение
Годовой объем продукции, т/год	1452
Отпускная цена реализации, тыс. руб./т	40
Объем капитальных вложений, тыс. руб.	5914,1
Выручка от продаж, тыс. руб.	58080
Себестоимость продаж, тыс. руб.	8103,1
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	49976,9
Эколого-экономическая эффективность	8,27
Рентабельность реализованной продукции, %	616,8
Валовая рентабельность продаж, %	86,1
Затраты на 1 руб. товарной продукции, коп.	0,14
Производительность труда, тыс. руб./чел.	8297142,9
Срок окупаемости инвестиций, год	0,12
Эффективность капитальных вложений	8,34

сточных вод пищевых предприятий определяется по формуле:

$$Э_{ээ} = \frac{У_{пр} + В_{ГП}}{С_а + Е_н \cdot К_а} \quad (4)$$

где $У_{пр}$ – общий предотвращенный экологический ущерб, руб.; $В_{ГП}$ − выгоды от реализации готовой продукции за год, руб.; $С_а$ – годовые эксплуатационные расходы, руб.; $Е_н$ − нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности ($Е_н$ = 0,15); $К_а$ – капитальные затраты на строительство, руб.

$$Э_{ээ} = \frac{16260620{,}65 + 58080000}{8103085{,}96 + 0{,}15 \times 5914134} = 8{,}27$$

Расчеты свидетельствуют о целесообразности проведения работ в данной области, т. к. эколого-экономическая эффективность имеет положительное значение.

Далее рассчитали экономические показатели, определяющие эффективность проекта.

Рентабельность реализованной продукции рассчитали по формуле:

$$Р_{рп} = ((В_{ГП} - С)/С) \times 100 \quad (5)$$

где $Р$ – уровень рентабельности продукции; $П$ – прибыль от реализации продукции, тыс. руб.; $С$ – полная себестоимость реализованной товарной продукции, тыс. руб.

Затраты на 1 руб. товарной продукции:

$$З = С/В_{ГП} \quad (6)$$

Валовую рентабельность продаж рассчитали по следующей формуле:

$$Р_{вп} = ((В_{ГП} - С)/В_{ГП}) \times 100 \quad (7)$$

Производительность труда (тыс. руб./чел.) определили по следующей формуле:

$$П_т = П/Ч_{ППП} \quad (8)$$

где $Ч_{ППП}$ – численность промышленно-производственного персонала.

Срок окупаемости инвестиций для вновь строящихся предприятий ($Т_{ок}$) рассчитали по формуле:

$$Т_{ок} = К/П \quad (9)$$

где $К$ – объем капитальных инвестиций, тыс. руб.

Показатель эффективности капитальных вложений ($Э_к$) рассчитали по следующей формуле:

$$Э_к = П/К = 1/Т_{ок} \quad (10)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 8.

Предприятия комбикормовой промышленности являются стратегическими объектами любой экономики. Комбикорма играют важную роль, т. к. они служат для откорма животных и птицы в сельском хозяйстве. Следовательно, они являются основой для других социально значимых отраслей промышленности, выпускающих продукты питания для населения страны. Стабильный рост цен на зерно в отсутствии механизмов государственного регулирования зернового рынка обуславливает рост цен на готовую продукцию технологической цепи «сельское хозяйство (растениеводство) – комбикормовое производство – животноводство − перерабатывающая промышленность − оптовые и розничные рынки» [5, 18, 19].

Ограниченность инвестиционных ресурсов определяет необходимость проведения многовариантных альтернативных расчетов и выбор оптимального варианта инвестиционного проекта: новое строительство, проведение работ по модернизации, расширение или техническое перевооружение действующего предприятия. Строительство новых предприятий, как и

реконструкция действующих, а также открытие новых цехов на действующих предприятиях должны способствовать повышению эффективности производства, более полному удовлетворению потребностей населения в продуктах питания, созданных на основе животного сырья, содействовать развитию экономики страны и повышению ее продовольственной безопасности [8, 15, 20].

Выводы

В работе предложено инновационное решение по совершенствованию управления ресурсоэффективностью на предприятии на основе технологии извлечения метионина из сточных вод (патент на изобретение № 2737773). Реализация проекта направлена на решение стратегических задач импортозамещения белково-витаминных-минеральных добавок для производства полноценных комбикормов. Она позволит предприятию снизить негативное влияние на окружающую среду, повысить ресурсоэффективность деятельности и получить дополнительный доход. Все это будет достигнуто благодаря снижению затрат на транспортировку и выработку целевого продукта (метионин) из отходов собственного производства. За год планируется выпустить дополнительно 1452 т продукции, рентабельность реализованной продукции составит 616,8 %, валовая рентабельность продаж – 86,1 %, срок окупаемости проекта – 1,44 месяца, показатель эффективности капитальных вложений – 8,45 (один рубль инвестиций принесет 8,45 руб. прибыли), эколого-экономическая эффективность составит – 8,27.

Таким образом, расчеты доказали целесообразность конструкторских, технико-технологических и экономических решений проекта.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за достоверность информации и уникальность разработок.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы работы выражают благодарность авторам патента № 2737773 (сотрудникам ФГБОУ ВО «ВГУИТ» Е. Н. Пономаревой, И. Н. Пугачевой, С. В. Шахову, А. Е. Куцовой, Л. В. Молокановой), а также руководству комбикормового предприятия за предоставленную информацию и участие в качестве независимых экспертов оценки результатов научного исследования.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the authors of patent No. 2737773 E.N. Ponomareva, I.N. Pugacheva, S.V. Shakhov, A.E. Kutsova, and L.V. Molokanova for the information and expertise.

Список литературы

1. Bolotova Yu. V. Agricultural supply management and market power: evidence from the U.S. dairy and potato industries // Agribusiness. 2016. Vol. 32. № 4. P. 563–568. https://doi.org/10.1002/agr.21485.

2. Закшевский В. Г., Богомолова И. П., Василенко И. Н. Управление развитием отраслевого предприятия на основе активизации механизма риск-менеджмента // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. Т. 58. № 1. С. 3–9. https://doi.org/10.33938/201-3.

3. Костарева Л. «Витомэ»: новинки для разных отраслей животноводства // Комбикорма. 2020. № 2. С. 20–21.

4. Перспективы развития комбикормового производства в России на основе совершенствования ресурсного обеспечения / Л. Т. Печеная [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 3. С. 8–19.

5. Resource-saving waste-free production as an innovative method of improving enterprises' business performance in the meat production / I. P. Bogomolova [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences and Technologies. 2019. Vol. 10. № 12. https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2019.163.

6. Mapping potential implications of temporary COVID-19 export bans for the food supply in importing countries using precrisis trade flows / M. Koppenberg [et al.] // Agribusiness. 2021. Vol. 37. № 1. P. 25–43. https://doi.org/10.1002/agr.21684.

7. Postbiotics and paraprobiotics: A review of current evidence and emerging trends / B. Vallejo-Cordoba [et al.] // Advances in Food and Nutrition Research. 2020. Vol. 94. P. 1–34. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.06.001.

8. Инновации в комбикормовой отрасли. URL: https://ikonews.ru/industry/novyj-nedorogoj-istochnik (дата обращения: 22.03.2021).

9. Обзор кормовой отрасли по итогам 2019. URL: https://www.dairynews.ru/news/rynok-kormov-itogi-2019-obzor-kormovoy-otrasli-po-.html (дата обращения: 23.03.2021).

10. Экспресс-обзор российского рынка комбикормов. URL: https://3dpro.info/site/reviews/russian-compound-feed-market-2020 (дата обращения: 25.03.2021).

11. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.gks.ru (дата обращения: 24.03.2021).

12. Modernization of the raw material base for the Russian meat production subcomplex in the conditions of improving the production innovativeness / A. V. Kotarev [et al.] // Revista San Gregorio. 2019. № 34. P. 288–298.

13. Kühne B., Gellynck X., Weaver R. D. Enhancing innovation capacity through vertical, horizontal, and third-party networks for traditional foods // Agribusiness. 2015. Vol. 31. № 3. P. 294–313. https://doi.org/10.1002/agr.21408.

14. Савинцев Д. И. Выбор стратегии развития комбикормового производства региона: подходы и принципы // Общество: политика, экономика, право. 2018. № 5. С. 14–18.

15. Сыроватка В. И., Обухов А. Д. Инновационные технологии производства комбикормов в хозяйствах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. Т. 1. № 1. С. 74–77.

16. Kotarev A. Analytical study of agribusiness as a tool for competitive development of the region in the context of globalization and integration risk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. № 1. https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012035.

17. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных: состав и применение / В. А. Крохина [и др.]. М.: Агропромиздат, 1990. 304 с.

18. Consumer perception of organic food in emerging markets: Evidence from Saint Petersburg, Russia / V. Bruschi [et al.] // Agribusiness. 2015. Vol. 31. № 3. P. 414–432. https://doi.org/10.1002/agr.21414.

19. Mishurov N. P., Voytyuk V. A., Sypok S. I. Management of export activities of agricultural enterprises using digital technology // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 723. № 3. https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/3/032056.

20. Assessing differences in levels of food trust between European countries / B. Murphy [et al.] // Food Control. 2021. Vol. 120. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107561.

References

1. Bolotova YuV. Agricultural supply management and market power: evidence from the U.S. dairy and potato industries. Agribusiness. 2016;32(4):563–568. https://doi.org/10.1002/agr.21485.

2. Zakshevskii VG, Bogomolova IP, Vasilenko IN. Managing the development of an industry enterprise based on the activation of the risk management mechanism. Ehkonomika, trud, upravlenie v sel′skom khozyaystve [Economy, labor, and management in agriculture]. 2020;58(1):3–9. (In Russ.). https://doi.org/10.33938/201-3.

3. Kostareva L. “Vitomeh”: novinki dlya raznykh otrasley zhivotnovodstva [“Vitome”: novelties for different branches of animal husbandry]. Kombikorma [Compound Feed]. 2020;(2):20–21. (In Russ.).

4. Pechenaya LT, Bogomolov AV, Vasilenko IN, Shatokhina NM. Prospects for the development of feed production in Russia on the basis of improving resource support. Storage and Processing of Farm Products. 2019;(3):8–19. (In Russ.).

5. Bogomolova IP, Kotarev AV, Prostenko AN, Dobrunova AI, Chugay DYu. Resource-saving waste-free production as an innovative method of improving enterprises’ business performance in the meat production. International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences and Technologies. 2019;10(12). https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2019.163.

6. Koppenberg M, Bozzola M, Dalhaus T, Hirsch S. Mapping potential implications of temporary COVID-19 export bans for the food supply in importing countries using precrisis trade flows. Agribusiness. 2021;37(1):25–43. https://doi.org/10.1002/agr.21684.

7. Vallejo-Cordoba B, Castro-López C, García HS, González-Córdova AF, Hernández-Mendoza A. Postbiotics and paraprobiotics: A review of current evidence and emerging trends. Advances in Food and Nutrition Research. 2020;94:1–34. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.06.001.

8. Innovatsii v kombikormovoy otrasli [Innovations in the feed industry] [Internet]. [cited 2021 Mar 22]. Available from: https://ikonews.ru/industry/novyj-nedorogoj-istochnik.

9. Obzor kormovoy otrasli po itogam 2019 [Feed Industry Review-2019] [Internet]. [cited 2021 Mar 23]. Available from: https://www.dairynews.ru/news/rynok-kormov-itogi-2019-obzor-kormovoy-otrasli-po-.html.

10. Ehkspress-obzor rossiyskogo rynka kombikormov [Express review of the Russian market of compound feed] [Internet]. [cited 2021 Mar 25]. Available from: https://3dpro.info/site/reviews/russian-compound-feed-market-2020.

11. Federal State Statistics Service [Internet]. [cited 2021 Mar 24]. Available from: https://www.gks.ru.

12. Kotarev AV, Vasilenko IN, Kotareva AO, Dorofeev AF, Lebed VN. Modernization of the raw material base for the Russian meat production subcomplex in the conditions of improving the production innovativeness. Revista San Gregorio. 2019;(34):288–298.

13. Kühne B, Gellynck X, Weaver RD. Enhancing innovation capacity through vertical, horizontal, and third-party networks for traditional foods. Agribusiness. 2015;31(3):294–313. https://doi.org/10.1002/agr.21408.

14. Savintsev DI. Choosing a strategy of feed milling in the region: approaches and principles. Society: Politics, Economics, Law. 2018;(5):14–18. (In Russ.).

15. Syrovatka VI, Obukhov AD. Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva kombikormov v khozyaystvakh [Innovative technologies for animal feed]. Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel′skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization]. 2017;1(1):74–77. (In Russ.).

16. Kotarev A. Analytical study of agribusiness as a tool for competitive development of the region in the context of globalization and integration risk. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;274(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012035.

17. Krokhina VA, Kalashnikov AP, Fisinin VI, Smekalov NA, Khadanovich IV, Antonov AYa, et al. Kombikorma, kormovye dobavki i ZTSM dlya zhivotnykh: sostav i primenenie [Compound feed, feed additives, and milk replacer for animals: composition and application]. Moscow: Agropromizdat; 1990. 304 p. (In Russ.).

18. Bruschi V, Shershneva K, Dolgopolova I, Canavari M, Teuber R. Consumer perception of organic food in emerging markets: Evidence from Saint Petersburg, Russia. Agribusiness. 2015;31(3):414–432. https://doi.org/10.1002/agr.21414.

19. Mishurov NP, Voytyuk VA, Sypok SI. Management of export activities of agricultural enterprises using digital technology. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;723(3). https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/3/032056.

20. Murphy B, Benson T, Lavelle F, Elliott C, Dean M. Assessing differences in levels of food trust between European countries. Food Control. 2021;120. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107561.