

УДК 504.062

А. Д. Гриб¹, В. А. Рыбак²

¹РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»
²Белорусская государственная академия связи

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проведен анализ данных Национального статистического комитета Республики Беларусь по структуре промышленного производства. Разработаны модель, ориентированная на оптимизацию применяемых технологий на предприятиях молочной отрасли; методика оценки и сравнения степени экологичности ресурсоемких производств и технологий и алгоритм, позволяющий обеспечить процесс автоматизации оценки, анализа и оптимизации параметров ресурсоемких технологий молочной отрасли.

Ключевые слова: обрабатывающая промышленность, молочная промышленность, производство, безотходность, ресурсоемкость, энергоемкость, землеемкость, природоохранные мероприятия.

A. D. Hryb¹, V. A. Rybak²

¹RUE “Central Research Institute for Complex Use of Water Resources”
²Belarusian State Academy of Telecommunications

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF DAIRY PRODUCTION

The analysis of data of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus on the structure of industrial production was carried out. A model has been developed that focuses on optimizing the technologies used at dairy enterprises. A methodology has been developed for assessing and comparing the degree of environmental friendliness of resource-intensive industries and technologies, and an algorithm that enables the process of automating the assessment, analysis and optimization of parameters of resource-intensive technologies in the dairy industry.

Key words: manufacturing industry, dairy industry, production, wastelessness, resource intensity, energy intensity, land intensity, environmental protection measures.

Введение. В настоящее время основой хозяйственного потенциала Республики Беларусь является промышленность. Она обеспечивает функционирование народнохозяйственного комплекса, удовлетворяет спрос населения в товарах и определяет экспортный потенциал страны.

Для определения наибольшего объема производимой продукции в промышленности Республики Беларусь был проведен анализ данных Национального статистического комитета Республики Беларусь с 2000 по 2015 год [1], из которых следует, что наибольший объем произведенной продукции в промышленном производстве приходится на обрабатывающую промышленность (рис. 1). Однако средние статистические данные в обрабатывающей промышленности по уровню наукоемкости, согласно перечню Евростата, на основе Статистической классификации видов экономической деятельности в Европейском Сообществе (NACE Rev. 1.1) [2], гармонизированной с Общегосударственным классификатором видов экономической деятельности с 2010 по 2014 год, говорят о преобладании в стране среднетехнологичных производств (рис. 2).



Рис. 1. Структура промышленного производства

С учетом уровня технологичности производств были рассчитаны средний объем выпущенной продукции в структуре промышленного производства с 2000 по 2015 год, а также средние статистические данные по структуре и объемам производства обрабатывающей промышленности в стоимостном и процентном отношении за тот же период. В результате по наибольшему объему произведенной продукции в обрабатывающей промышленности выделено производство пищевых продуктов, а именно цельномолочной продукции.



Рис. 2. Структура обрабатывающей промышленности по уровню технологичности

Перед нами стояли следующие задачи: изучение процесса производства цельномолочной продукции, разработка методики эколого-экономической оценки и сравнения технологий молочного производства, разработка перечня природоохранных мероприятий для предприятий, производящих цельномолочную продукцию, и алгоритма, имеющего своей целью обеспечить процесс автоматизации оценки, анализа и оптимизации параметров ресурсоемких технологий молочной отрасли.

Основная часть. Изучение производства цельномолочной продукции позволяет определить, что данный процесс является весьма ресурсоемким и оказывает значительное воздействие на состояние окружающей среды. Решение задач эколого-экономического и социального развития требует совершенствования технологических процессов в целях повышения безотходности и снижения ресурсоемкости производства, а также экономного использования всех видов топливно-энергетических и земельных ресурсов.

В результате изучения предприятий молочной промышленности разработана модель, ориентированная на оптимизацию применяемых на предприятиях технологий. Данная модель представлена целевым, методологическим и оценочно-коррекционным блоками (рис. 3).

В соответствии с разработанной моделью на основе анализа особенностей производства цельномолочной продукции выделены эколого-экономические параметры соответствия молочного производства принципам рационального использования природных ресурсов. К данным параметрам относятся безотходность, ресурсоемкость, энергоемкость, землеемкость.

Безотходность как параметр эколого-безопасных технологий предполагает такой способ производства, который обеспечивает максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся при этом отходов.

Коэффициент безотходности рассчитывается следующим образом (1):

$$P_1 = Kб = m_{отх} / m_{исп. сырь\ddot{a}}, \quad (1)$$

где $m_{отх}$ – количество отходов, произведенных за год; $m_{исп. сырь\ddot{a}}$ – количество использованного сырья за год. Количество отходов ($m_{отх}$), полученное при производстве продукции, рассчитывается как процент от общего количества произведенных отходов предприятием за год.

Количество отходов ($m_{отх}$) определяется суммой значений следующих видов показателей: выбросы в атмосферный воздух, отходы производства, сточные воды. Единица измерения – тонны.

$Kб < 1$; $Kб$ должен стремиться к 0, т. е. количество отходов должно быть значительно меньше количества использованного сырья. Так, технология может считаться безотходной в случае, если $Kб = 0$. Наиболее безотходной технологией может считаться технология, которая имеет минимальное значение $Kб$.

Здесь стоит отметить наметившуюся тенденцию к рационализации переработки молока: предприятия специализируются на ограниченном ассортименте продукции, например на выпуске только цельномолочной продукции, что позволяет использовать более автоматизированное и эффективное оборудование, эксплуатируемое меньшим числом людей. При этом все более остро встает проблема образования отходов, в том числе отходов производства. Обществу необходимо создание принципиально новых производственных процессов, позволяющих сократить или вовсе исключить образование отходов. Стоит отметить: при разработке безотходного производства необходимо учитывать, что производственный процесс должен осуществляться при минимально возможном числе технологических стадий и аппаратов, поскольку на каждой из них образуются отходы и теряется сырье.

Кроме того, сегодня весьма заметна устойчивая тенденция роста доли стоимости ресурсов и общей себестоимости продукции. Поэтому в целях увеличения эколого-экономической эффективности обрабатывающей промышленности необходимо значительно снижать ресурсоемкость технологий за счет создания технологий с замкнутыми циклами производства и комплексным использованием сырья.

Ресурсоемкость здесь рассматривается как показатель, отражающий степень эффективности использования ресурсов предприятия (материалов, сырья и т. д.) при производстве единицы продукции.

Коэффициент безотходности рассчитывается следующим образом (2):

$$P_2 = K_p = m_{\text{исп. сырья}} / V, \quad (2)$$

где $m_{\text{исп. сырья}}$ – количество использованного сырья, а V – количество продукции, выпущенной за год; K_p должен стремиться к 0, т. е. количество использованного сырья должно быть значительно меньше количества выпущенной продукции.

Данный коэффициент может считаться приемлемым при значениях около единицы, т. е. в

случае, когда массовая единица сырья переработана в массовую единицу конечной продукции. В общем случае применение данного коэффициента наиболее оправдано для сравнения нескольких ресурсоемких производств и технологий, при этом необходимо ориентироваться на наилучшие доступные технические методы (НДТМ).

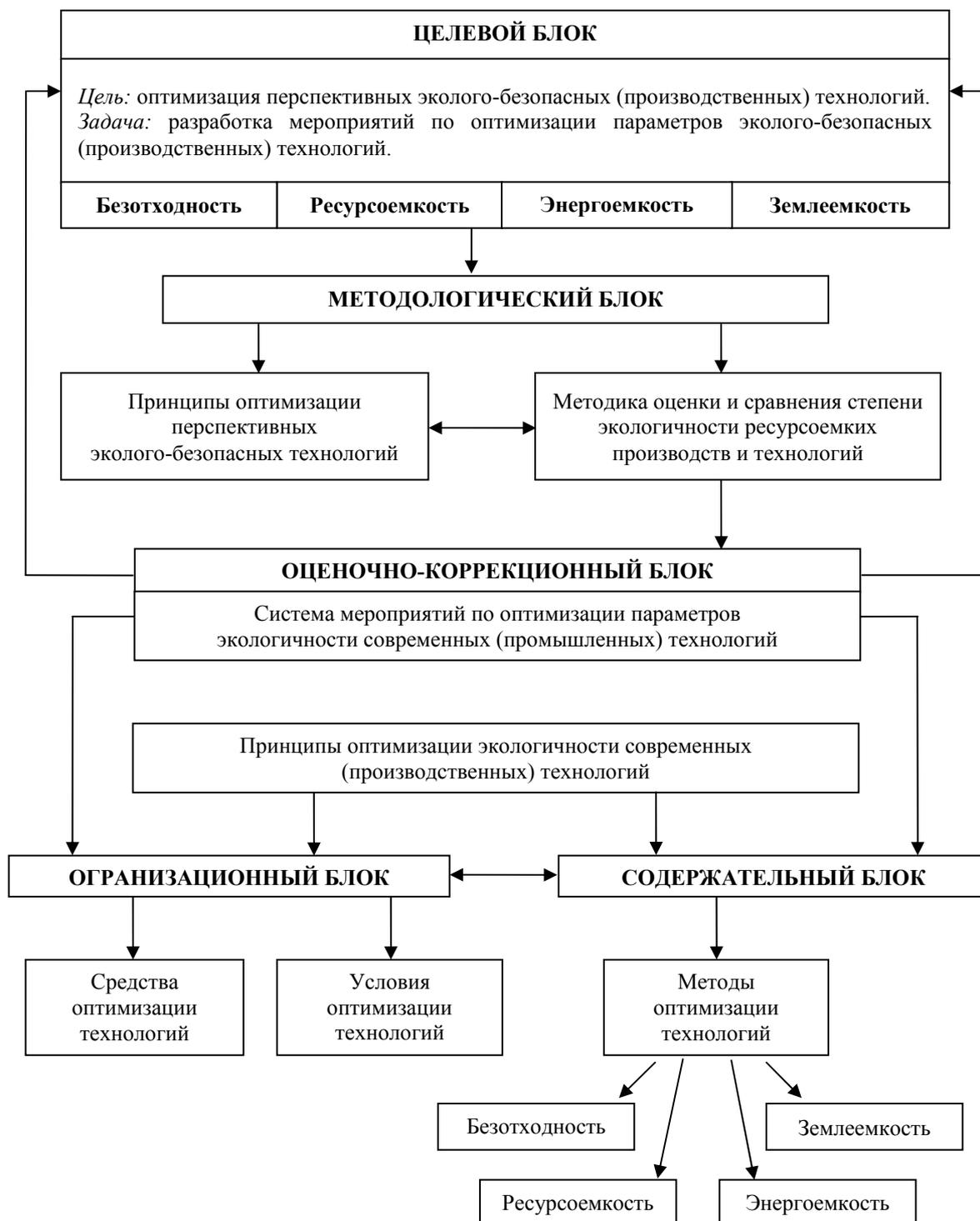


Рис. 3. Модель оптимизации перспективных эколого-безопасных технологий

Энергоемкость предусматривает рациональное использование энергетических ресурсов, т. е. экономически оправданное расходование электроэнергии, газа и тепла по отношению к объему производимой продукции.

Коэффициент энергоемкости рассчитывается следующим образом (3):

$$P_3 = K_3 = F / V, \quad (3)$$

где F – использованные энергоресурсы, а V – количество продукции, выпущенной за год.

Использованные энергоресурсы (F) для производства определяются суммой значений следующих видов показателей: природный газ, электроэнергия, теплоэнергия.

K_3 должен стремиться к 0, т. е. чем меньше K_3 , тем менее энергоемка технология и соответственно более экологична.

В настоящее время основные успехи ученых по снижению энергоемкости производств базируются на развитии новых способов преобразования энергии и использовании возобновляемых источников энергии, совершенствовании и развитии существующих технологий теплоснабжения.

Несмотря на это, обществу необходимы дополнительные научные исследования для создания более энерго- и экологически эффективных проектов и систем управления ими.

Возрастающая ограниченность земельных ресурсов и их ухудшающееся экологическое состояние диктуют необходимость учета использования земли в принципе и использования под промышленные объекты в частности.

Землеемкость определяет размеры территории, используемой человеком в том или ином виде деятельности, т. е. используется как показатель антропогенного воздействия и превращения естественных территорий в пространственную основу развития производства и раскрывает отношение используемых земельных ресурсов к объему продукции, произведенной на данной земле.

Коэффициент землеемкости рассчитывается следующим образом (4):

$$P_4 = K_4 = X_{га} / V, \quad (4)$$

где $X_{га}$ – количество гектар, занимаемое предприятием для производства продукции, а V – количество продукции, выпущенной за год.

K_4 должен стремиться к 0, т. е. на единице площади должно производиться больше продукции.

Для определения весомости выделенных параметров каждый из них необходимо учитывать с коэффициентом K_{pj} , расчет которого позволяет определить, насколько значимым является данный параметр для оценки экологичности предприятия (5):

$$K_{pj} = P_{ij} - P_i(\min). \quad (5)$$

Так, чем больше разница между коэффициентами K_{pj} по предприятиям в рамках одного параметра, тем более значимым этот параметр является для оценки экологичности предприятия.

Расчет коэффициентов выделенных параметров экологичности направлен на принятие эколого-экономических решений, в том числе путем разработки и апробации методики оценки и сравнения экологичности технологий и производств на предприятиях молочной промышленности с целью выделения уровня экологичности используемых предприятием технологий и разработки соответствующих природоохранных мероприятий. Так, обозначенные выше параметры важны как сами по себе, так и для реализации вышеназванной методики (методологический блок, рис. 3).

С целью эколого-экономической оценки и сравнения предприятий молочной отрасли необходимо рассчитать интегральный показатель степени соответствия производств и технологий требованиям рационального природопользования, для чего используем метод усреднения по логарифмической шкале (6):

$$T_j = \sqrt{(\sum_{i=1}^n \ln(P_{ij}))^2}, \quad (6)$$

где T_j – предприятие; P_{ij} – значение i -того параметра для j -того предприятия; n – количество параметров для предприятия.

С целью получения качественных градаций для дифференциации показателей экологичности на три степени (оптимальную, допустимую и критическую) необходимо произвести группировку значений единого интегрального показателя по предприятиям на три группы: с оптимальными значениями, допустимыми значениями, критическими значениями.

При этом, численное значение интервала рассчитывается по формуле (7):

$$i = (\max - \min) : 3, \quad (7)$$

где для группировки значений единого интегрального показателя по предприятиям T_j значения интервалов будут обозначены следующим образом:

- группа с критическими значениями находится в диапазоне: $\min \leq \text{Еип}(T_j) \leq \min + i$;
- группа с допустимыми значениями находится в диапазоне: $\min + i < \text{Еип}(T_j) \leq \min + 2i$;
- группа с оптимальными значениями находится в диапазоне: $\min + 2i < \text{Еип}(T_j) \leq \max$.

Ранжирование проводится с целью выявления значений единого интегрального показателя, наиболее далеких от оптимальных, что

свидетельствует о необходимости более детального изучения данных предприятий, а также с целью выявления предприятий, на которых значения коэффициентов по каждому из параметров наиболее далеки от оптимальных и нуждаются в оптимизации.

В оценочно-коррекционном блоке модели (рис. 3) обобщены полученные оценки и закономерности и разработана система мероприятий по оптимизации экологичности производственных технологий на примере молочной отрасли. Данная система основывается на принципах оптимизации современных технологий, включает необходимые средства и условия, направленные на оптимизацию перспективных эколого-безопасных технологий, а также методы оптимизации выделенных параметров безотходности, ресурсоемкости, энергоемкости и землеемкости как в общем для наименее экологичных предприятий отрасли, так и отдельно для предприятий, нуждающихся в оптимизации какого-либо из выделенных параметров экологичности.

Новизна представленной методики по сравнению с методиками, предлагаемыми другими авторами, заключается в оценке степени экологичности ресурсоемких производств и технологий на основе универсальных коэффициентов анализа и оценки безотходности, ресурсоемкости, энергоемкости и землеемкости, а также единого интегрального показателя, рассчитываемого по логарифмической шкале, являющейся более чувствительной к изменениям входящих компонентов, позволяющего ранжировать промышленные предприятия по их влиянию на основные компоненты окружающей среды.

Наличие инструмента оценки и сравнения нескольких рассматриваемых производств и технологий в условиях ограниченного финансирования позволяет осуществить обоснованный выбор наилучшего варианта. Вместе с тем после получения конечной оценки по интегральному показателю необходимо предложить пути улучшения последнего через выбор и реализацию эффективных природоохранных мероприятий, т. е. предлагаемый инструмент оценки и сравнения нескольких рассматриваемых производств и технологий позволяет не только производить анализ и оценку, но и определять приоритетные природоохранные мероприятия. Для этого нами предлагается следующая схема разработки природоохранных мероприятий, представленная на рис. 4.

На этапе определения перечня приоритетных природоохранных мероприятий необходимо учитывать как наибольшие из четырех полученных при расчетах значения коэффициентов по параметрам экологичности, так и компоненты этих параметров.



Рис. 4. Схема разработки природоохранных мероприятий

На рис. 5 представлен пример выделения природных компонентов по коэффициенту безотходности.

В рамках выполненных исследований на конкретных примерах [3] показано, как реализация предложенной схемы позволяет определить перечень приоритетных природоохранных мероприятий.

С целью автоматизированной обработки данных предприятий и разработки перечня природоохранных мероприятий разработан алгоритм и веб-ориентированное приложение, позволяющие проводить анализ, оценку и оптимизацию параметров экологичности предприятий промышленности Республики Беларусь.

На базе веб-ориентированного приложения «Оценка экологичности предприятия» автоматизированы:

- расчеты значений по каждому из параметров P_i перспективных эколого-безопасных технологий;
- расчеты единого интегрального показателя для каждого предприятия T_j в целом на основе усреднения по логарифмической шкале;
- сравнение полученных значений между собой;
- ранжирование значений единого интегрального показателя по предприятиям T_j на группы: с оптимальными значениями, допустимыми значениями, критическими значениями.

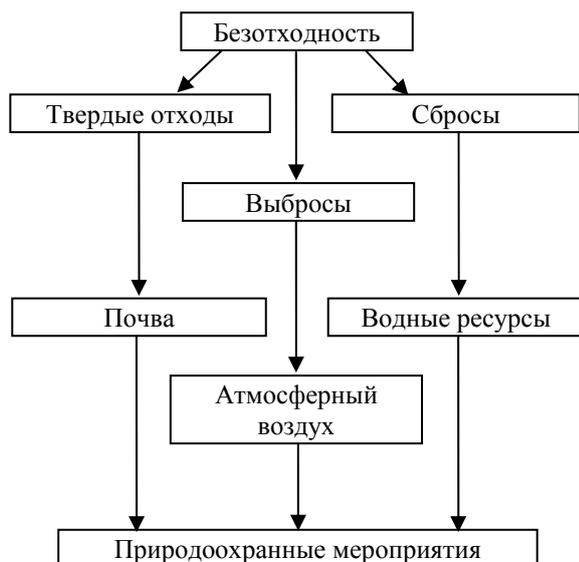


Рис. 5. Схема дифференциации направлений природоохранных мероприятий

Конечным результатом работы веб-ориентированного приложения является выделение уровня экологичности применяемой на предприятии технологии, предоставление рекомендаций по оптимизации технологии производства, а также накопление и ведение статистической информации по предприятиям молочной промышленности Республики Беларусь.

Заключение. Изучение производственного процесса цельномолочной продукции позволило выделить параметры экологичности ресурсоемких производств молочной отрасли, разработать методику оценки и сравнения степени экологичности ресурсоемких производств и технологий и автоматизировать ее посредством создания веб-ориентированного приложения, позволяющего определять приоритетные природоохранные мероприятия по оптимизации параметров экологичности современных производственных технологий молочной отрасли.

Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. Дата доступа: 09.08.2017.
2. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь: статистический сб. [Электронный ресурс]: Нац. статистический комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. Минск: [б. и.], 2015. Режим доступа: http://www.scienceportal.org.by/upload/2015/July/SI_in_Belarus_2015.pdf. Дата доступа: 09.08.2017.
3. Рыбак В. А., Ахмад Шокр, Гриб А. Д. Научно-методические основы и программные средства автоматизации оценки и анализа параметров перспективных эколого-безопасных технологий. Минск: РИВШ, 2017. 264 с.

References

1. National Statistical Committee of the Republic of Belarus [Electronic resource]. Available at: <http://www.belstat.gov.by/> (accessed 08/09/2017).
2. *Nauka i innovatsionnaya deyatel'nost' v Respublike Belarus'* [Science and innovation activities in the Republic of Belarus] [Electronic resource]: Minsk [b. and.], 2015. Available at: http://www.scienceportal.org.by/upload/2015/July/SI_in_Belarus_2015.pdf (accessed 08/09/2017).
3. Rybak V. A., Akhmad Shokr, Hryb A. D. *Nauchno-metodicheskiye osnovy i programmnyye sredstva avtomatizatsii otsenki i analiza parametrov perspektivnykh ekologo-bezopasnykh tekhnologiy* [Scientific and methodological foundations and software for automating the assessment and analysis of parameters of promising environmental-safe technologies]. Minsk, RIVSH Publ., 2017. 264 p.

Информация об авторах

Гриб Анна Дмитриевна – ученый секретарь. РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, корп. 2, Республика Беларусь). E-mail: hannahryb@mail.ru

Рыбак Виктор Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой программного обеспечения сетей телекоммуникаций. Белорусская государственная академия связи (220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 14, Республика Беларусь). E-mail: 6774338@tut.by

Information about the authors

Hryb Anna Dmitriyevna – Scientific Secretary. RUE “Central Research Institute for Complex Use of Water Resources” (1/2, Slavinskogo str., 220086, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: hannahryb@mail.ru

Rybak Viktor Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Telecommunications Networks Software Department. Belarusian State Academy of Telecommunications (14, P. Brovki str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 6774338@tut.by

Поступила 29.12.2018