

УДК 504.062.2

<sup>1</sup>В. А. РЫБАК, <sup>2</sup>А. Д. ГРИБ, <sup>1</sup>Ш. АХМАД

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
<sup>2</sup>РУП «Центральный научно-исследовательский институт  
комплексного использования водных ресурсов»

*В статье освещается проблема оценки соответствия различных ресурсоёмких производств и предприятий принципам рационального природопользования. На основе существующих систем предложена новая модель мониторинга выполнения инновационных проектов в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь, которая включает шесть основных уровней: организации-исполнители, Государственные заказчики, ГУ «БелИСА», Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, Администрация Президента Республики Беларусь. Данная модель программно реализована с использованием новейших информационных технологий и представлена в виде веб-портала для сбора, хранения, обработки и отображения соответствующих предметных данных.*

*Общие разработанные подходы и автоматизированные средства были апробированы и модифицированы для молочной промышленности, так как данная отрасль народного хозяйства по объёмам производства является одной из самых значимых для Республики Беларусь. В этом направлении были предложены показатели безотходности, ресурсоёмкости, энергоёмкости и землеёмкости, которые сводились в единый интегральный показатель методом логарифмического усреднения, что позволило повысить чувствительность к изменениям слагаемых по сравнению с арифметическим и геометрическим средним. Для автоматизации процесса сбора, хранения, обработки и отображения данной информации также был разработан программный инструмент, позволяющий автоматизировать управление природоохранной деятельностью. Конечной целью применения данного инструмента является поддержка принятия решений при выборе того проекта, который в большей степени является экологичным. Для производств и технологий, которые не попадают в категорию рациональных с точки зрения природопользования, разработана математическая модель их оптимизации с выделением конкретных природоохранных мероприятий. Экономическая эффективность разработанных средств автоматизации рассчитана с использованием методики определения предотвращённого экологического ущерба и составила в сумме для исследуемого предприятия 28303 рубля в год.*

**Ключевые слова:** рациональное природопользование, автоматизированная система, природоохранные мероприятия, информационные технологии, веб-портал.

### Введение

На современном этапе развития общества трудно представить себе отрасль народного хозяйства, где бы не использовались компьютеры. Нас буквально со всех сторон окружают вычислительные машины, призванные повысить скорость получения, обработки, хранения и отображения различных данных.

В современных условиях также качественно новым образом решается проблема эколого-экономической безопасности страны, устойчивого социально-экономического развития, а также использования человеческих возможностей

в сфере рационального природопользования. Возникает необходимость предупреждения и ликвидации внешних и внутренних угроз с учетом интересов как нынешних, так и будущих поколений, что объясняет повышение интереса к проблеме создания «зеленой» экономики у специалистов разных областей знаний.

На стыке таких наук как информатика и экология представляется актуальным создание и внедрение автоматизированных систем управления природоохранной деятельностью, которые будут базироваться на новейших информационных технологиях и обеспечивать

приемлемый уровень рационального природопользования.

### Основная часть

В рамках диссертационного исследования, проводимого на кафедре информационных систем и технологий Белорусского национального технического университета, были выполнены работы по созданию программных средств для автоматизации технологического процесса сбора, анализа, прогнозирования и представления данных для осуществления природоохранной деятельностью ресурсоёмких технологий и производств.

Основным стратегическим принципом государственного управления природопользованием и охраной окружающей среды является максимально возможное обеспечение нормальных экологически безопасных условий проживания человека на территории Республики Беларусь, в городах и крупных населенных пунктах. Это относится также к устойчивому развитию народного хозяйства страны на основе рационального и безотходного использования природных ресурсов и экологически чистых технологий во всех отраслях промышленности, сельском хозяйстве, энергетике, транспорте и т. д. При этом должны быть запланированы и реализованы мероприятия по восстановлению нарушенных экосистем и природно-ресурсного потенциала территорий [1].

Для осуществления мониторинга и контроля ресурсоёмких производств, выполняемых в рамках Государственной программы инновационного развития, были проанализированы информа-

ционные потоки и предложена многоуровневая модель хранения и обработки распределённой информации: уровень 1 – организации-исполнители, уровень 2 – Государственные заказчики, уровень 3 – ГУ «БелИСА», уровень 4 – Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, уровень 5 – Совет Министров Республики Беларусь, уровень 6 – Администрация Президента Республики Беларусь [2]. При этом необходимо заметить, что ГУ «БелИСА» является ведомственным научным институтом при Государственном комитете по науке и технологиям.

Разработанная модель программно реализована в виде веб-портала, позволяющего осуществлять сбор и обработку данных. Главная страница портала представлена на рис. 1.

Разработанная структура Портала, её реализация и наполнение статистическими данными позволили сформулировать обобщённый алгоритм, в соответствии с которым оправданным видится сравнивать как единичные показатели экологичности различных предприятий, так и обобщённые интегрированные параметры различных технологий, принадлежащих одной либо схожим отраслям. Из сказанного, в частности, следует, что степень экологичности производства древесины, молочных продуктов и стали может существенно отличаться, но для принятия решений об оптимизации конкретной технологии необходимо принимать во внимание усреднённое значение по отрасли и данные лучших в плане экологии предприятий со схожими технологическими процессами.



Рис. 1. Главная страница Портала

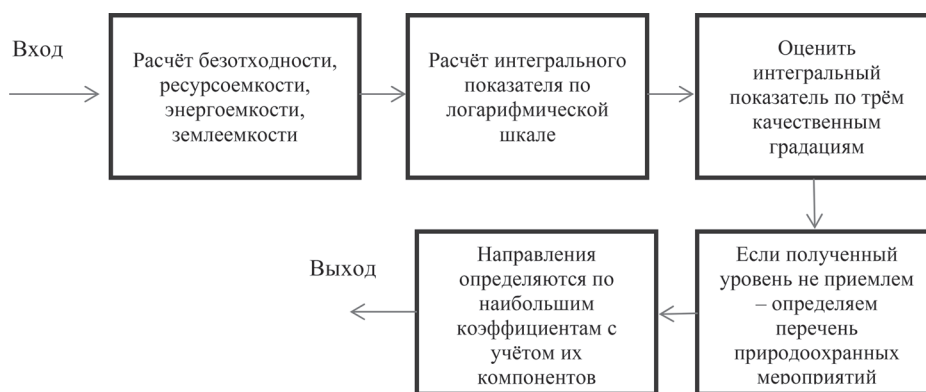


Рис. 2. Последовательность расчетов

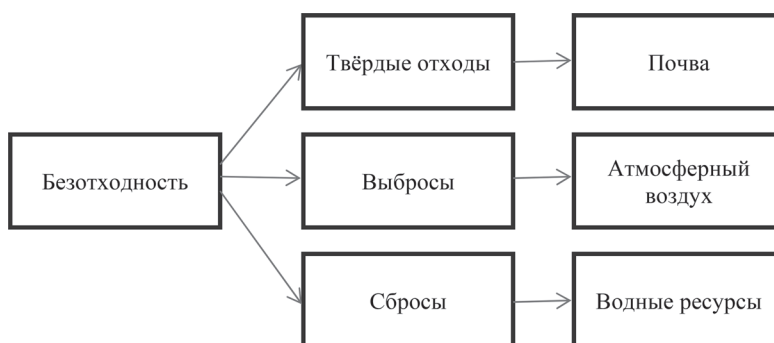


Рис. 3. Схема дифференциации направлений природоохранных мероприятий

Изложенные выше принципы были апробированы и уточнены на примере молочной отрасли, которая по объёмам производства является одной из лидирующих в Республике Беларусь.

Так, например, были разработаны показатели, позволяющие сравнивать различные ресурсоёмкие производства и технологии на предмет их соответствия принципам рационального природопользования – коэффициенты безотходности, ресурсоёмкости, энергоёмкости и землеёмкости.

В процессе исследования определена чувствительность различных методов агрегирования указанных коэффициентов в единый интегральный показатель. В результате чего, для сведения имеющихся четырех коэффициентов выбран наиболее чувствительный к изменениям входных данных метод усреднения по логарифмической шкале.

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 и значений коэффициентов по параметрам на три группы:

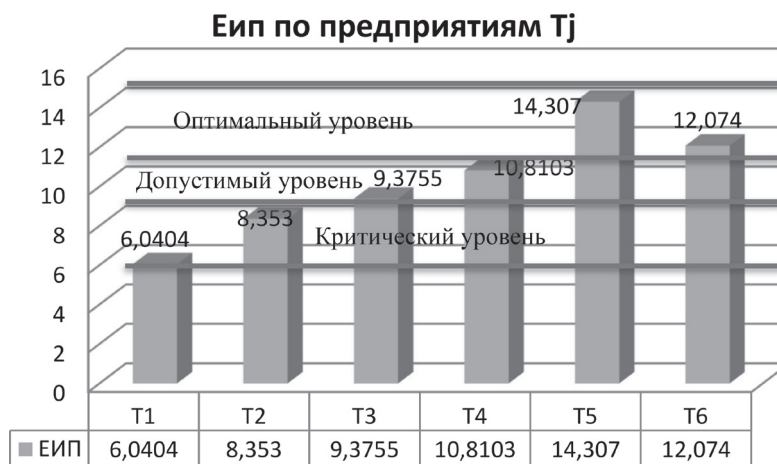
с оптимальными значениями, с допустимыми значениями, с критическими значениями.

Вместе с тем после получения конечной оценки по интегральному показателю необходимо предложить пути улучшения последнего через выбор и реализацию эффективных природоохранных мероприятий. Для этого нами предлагается следующая последовательность расчетов, схематично представленная на рис. 2.

На этапе определения перечня приоритетных природоохранных мероприятий необходимо учитывать как наибольшие из четырёх коэффициентов, так и их компоненты, показывающие направления – природные компоненты (рис. 3).

Также необходимо заметить, что чем выше значение оценочного коэффициента, тем больше приоритетных природоохранных мероприятий необходимо предложить.

В ходе исследования проведен анализ структуры промышленного производства Республики Беларусь, в результате чего конкретизированы объекты исследования по видам экономической деятельности и составлен список предприятий для сбора статистических данных. На каждое из отобранных предприятий для предоставления запрашиваемой информации была

Рис. 4. График значений единого интегрального показателя по предприятиям  $T_j$ 

направлена форма статистических данных по эколого-экономическим параметрам, в результате чего были получены необходимые исходные данные.

Однако с точки зрения конфиденциальности согласно Положению о коммерческой тайне Общества не все сведения могут быть отражены в открытой печати, но на примере наиболее репрезентативной выборки данных, рассмотрим, как работает методика.

Далее предприятия обозначены как  $T_1-T_6$ ; количество использованного сырья за год –  $m_{\text{исп.сырья } 1-m_{\text{исп.сырья } 6}$ ; продукция, выпущенная за год –  $V_1-V_6$ ; энергоресурсы, затраченные за год –  $F_1-F_6$ ; площадь земли, занимаемая предприятием –  $X_{\text{га } 1-X_{\text{га } 6}$ ; образовавшиеся отходы за год –  $m_{\text{отходов } 1-m_{\text{отходов } 6}$ , Еип – интегральный показатель [4].

После осуществления расчёта, в результате ранжирования становится ясно, на каких предприятиях  $T_j$  значения единого интегрального показателя наиболее далеки от оптимальных и требуют более детального изучения (рис. 4).

Можно предположить, что предприятия с критическими значениями параметров экологичности, более других нуждаются в оптимизации. Однако, несмотря на то, что в процессе апробирования методики оценки и сравнения степени экологичности ресурсоемких производств и технологий выявлены наиболее и наименее экологичные предприятия, очевидно, что в рамках каждого предприятия показатели экологичности по параметрам различны.

Так, для оценки экологичности предприятия по каждому из параметров перспективных

эколого-безопасных технологий, полученные данные по параметрам ( $P_{ij}$ ) выстраиваем в порядке возрастания значений [5].

Для автоматизации предложенной методики оценки и сравнения степени экологичности ресурсоемких производств и технологий создан соответствующий информационный ресурс, представленный веб-ориентированным приложением «Оценка экологичности предприятия». Данный инструмент разработан на основе веб-технологий и позволяет удаленно управлять данными. Исходные и результирующие данные хранятся в базе данных, работающей под управлением СУБД MySQL. Для примера на рис. 5 представлена форма для работы с предприятиями.

Результаты использования веб-ориентированного приложения «Оценка экологичности предприятия» для оптимизации параметров перспективных эколого-безопасных технологий оценены на основе Временной методике определения предотвращенного экологического ущерба [3]. Под экологическим ущербом окружающей природной среде понимаются «фактические экологические, экономические или социальные потери, возникшие в результате загрязнения окружающей природной среды (включая прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию отрицательных последствий загрязнения)». Данная методика предназначена для получения укрупненной эколого-экономической оценки ущерба, предотвращаемого в результате реализации природоохранных мероприятий, направленных на снижение или предотвращение негативных последствий хозяйствен-



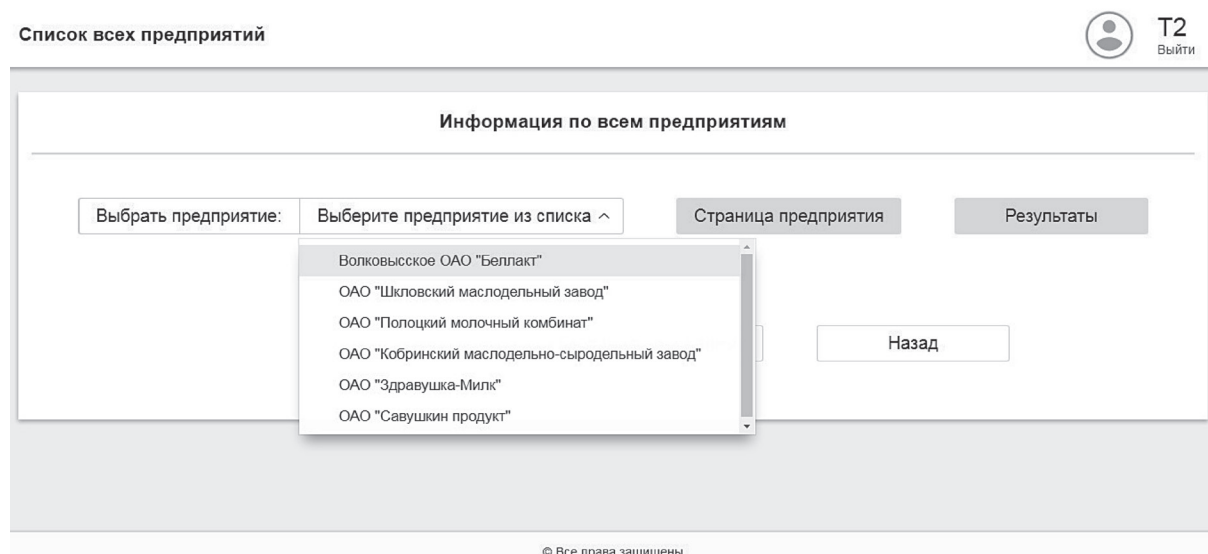


Рис. 5. Список всех предприятий

ной деятельности для окружающей природной среды и её отдельных эколого-ресурсных компонентов (атмосферный воздух, водные ресурсы, земельные ресурсы).

Для оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий были выполнены разработка математической модели переноса загрязняющих веществ в водном объекте, и её программная реализация. Моделирование водных систем представляет собой сложный процесс. Разработка моделей экосистем водных объектов невозможна без гидродинамической составляющей. Водные системы характеризуются наиболее выраженным движением вследствие различных природно-климатических, географических особенностей, ветровыми напряжениями, достаточно большим биологическим разнообразием популяций флоры и фауны водоемов, большими перепадами глубин, наличием различных гидротехнических сооружений. Поэтому для получения качественных результатов прогнозирования распространения загрязняющих веществ в водных системах необходимо построение более точных математических моделей, учитывающих вышеперечисленные факторы и особенности данных водоемов. К числу работ, посвященных математическому моделированию распространения загрязняющих веществ в водных системах, относятся труды ученых Матишова Г. Г., Муравейко В. М., Бердникова С. В., Ильина Г. В., Зуева А. Н., Ильичева В. Г., Кравченко В. В. и др [6–8].

В основе математических моделей транспорта загрязняющих веществ и различного рода примесей и взвесей лежат системы дифференциальных уравнений в частных производных, которые отражают основные законы физики и описывают движение жидкости в прибрежной системе и перенос в ней различных веществ. Большинство моделей транспорта загрязняющих веществ в водоемах включают уравнения диффузии-конвекции, гидродинамическую составляющую, уравнение переноса вещества. Существующая пространственно-трехмерная модель распространения загрязняющих веществ в мелководном водоеме, включающая задачу транспорта примеси и гидродинамическую составляющую мелкой воды, базируется на математических моделях Сухинова А. И., Васильева В. С., Никитиной А. В., Чистякова А. Е. [9–11].

Однако данная модель обладает недостатком – в ней в полной мере не учитываются биологические процессы деструкции загрязняющего вещества, оказывающие, в свою очередь, большое влияние на динамику распространения загрязнения в водной системе, что, тем самым, способствует снижению точности адекватного прогнозирования распределения концентраций вредных веществ в водоеме и в дальнейшем негативному отражению на экологической обстановке природных экосистем.

В связи с достаточно большой сложностью и материальными затратами для проведения натуральных измерений в условиях реального во-

доема, качественная и количественная оценки распространения загрязняющих веществ производятся преимущественно с помощью средств математического моделирования с использованием полученных в лабораторных условиях параметров. Достаточно подробный анализ подобных моделей приведен в работах Анцыферова С. М., Белоцерковского О. М., Гушина В. А., Марчука Г. И. Обзор моделей транспорта загрязняющих веществ, построенных на основе большого количества проведенных лабораторных и натурных измерений, также приведен в работах Дебольского В. К., Зайдлера Р., Маселя С. и др.

Модели распространения вредных веществ в водных средах несколько сложнее, чем модели атмосферной диффузии. Дело в том, что водная среда богаче различного рода процессами взаимодействия с вносимыми в нее примесями [12–15].

Основными процессами, определяющими распространение вредных веществ в поверхностных водах, являются: перенос с перемещающимися массами воды; турбулентная диффузия примесей; осаждение на дне водоема вредных веществ, находящихся в форме взвесей и коллоидных частиц; переход осадков, содержащих вредные вещества, вновь во взвешенное состояние; сорбция и десорбция вредных примесей различного рода неорганическими и органическими веществами; захват биотой; разложение и распад (в том числе и радиоактивный) вредных веществ и т. п.

С учетом этого основное уравнение дисперсии вредных (опасных) веществ в воде, движущим началом которой является совокупность процессов переноса и диффузии, имеет вид:

$$\frac{dC}{dt} = A + D - R + P - \theta, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация вещества;  $A$  – изменение концентрации вещества, обусловленное его переносом с потоком водных масс, обычно называемом адвекцией;  $D$  – изменение концентрации вещества за счет диффузии;  $R$  – убыль вещества из водной среды за счет осаждения на взвесах с последующим отложением;  $P$  – изменение концентрации за счет различного рода источников и стоков, седиментации, поглощения биотой (биологического захвата) и т. п.;  $Q$  – убыль вещества за счет разложения и распада.

В приведенном выше уравнении адвекция и диффузия и осаждение вредных веществ на взвесах описываются уравнениями [6]:

$$A = U \frac{dC}{dx} + V \frac{dC}{dy} + W \frac{dC}{dz}, \quad (2)$$

$$D = \frac{d}{dx} \left( K_x \frac{dC}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( K_y \frac{dC}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left( K_z \frac{dC}{dz} \right), \quad (3)$$

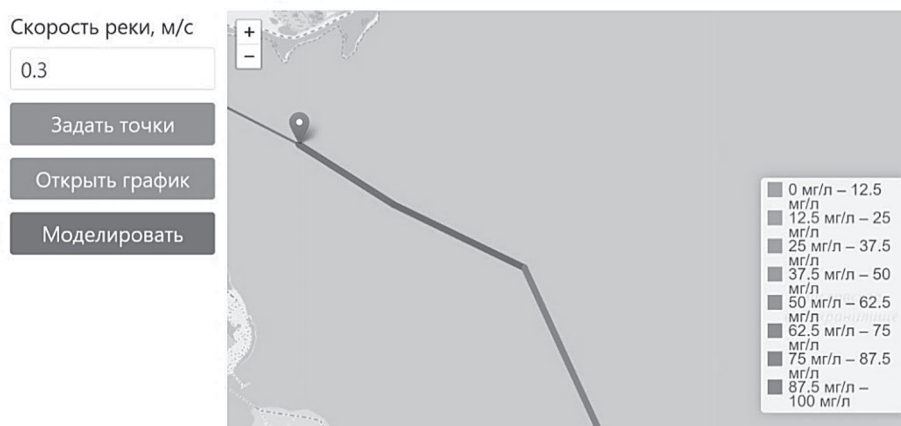
$$R = mS \frac{dC}{dt}, \quad (4)$$

где  $U$ ,  $V$ ,  $W$  – скорости перемещения водных масс по направлениям осей;  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – составляющие коэффициента диффузии;  $S$  – концентрация взвешенных отложений;  $m$  – коэффициент равновесного распределения вещества между отложениями и водой.

С учетом выполненного анализа существующих моделей и программных средств была разработана и программно реализована система прогнозирования переноса загрязнителей в поверхностных водных объектах. Исходными данными являются: координаты точки сброса, скорость реки, концентрация и масса сброса. Кроме автоматического режима решения системы уравнений у пользователя имеется возможность задать частные решения в виде набора точек концентрации и времени, и используя методы интерполяции получить график изменения данных параметров, и использовать полученный результат для моделирования и отображения на карте (рисунок 6).

Получаемые с использованием математической модели и программного средства прогнозы применяются, например, для оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий для производств, осуществляющих переработку молока. То есть для повышения экологичности современных существующих и проектируемых производств объемы выбросов и сбросов на единицу выпускаемой продукции должны стремиться к нулю, а затраты на системы очистки должны быть меньше, чем получаемый эффект, обусловленный снижением экологических платежей и антропогенной нагрузки.

По результатам расчетов величина предотвращенного экологического ущерба от загрязнений водной среды составила 17 417 рублей в год, от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух – 5 137,38 рублей в год,



Моделирование переноса загрязняющих веществ в водной среде - v1.0 - 2019

Рис. 6. Моделирование переноса загрязняющих веществ в водном объекте

от ухудшения и разрушения почв и земель – 5 748,64 рублей в год.

### Заключение

1. Разработаны и программно реализованы элементы технологии управления и обработки распределенной информации о параметрах ресурсоемких промышленных проектов (на примере Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь), позволяющие сократить временные затраты при обработке данных на 35–40%. Выделены приоритетные с точки зрения автоматизации функции мониторинга проектов (сбор, хранение и обработка статистических показателей по заданному отчетному периоду), систематизированы наиболее значимые показатели выполнения проектов (стоимость, проектная мощность, динамический срок окупаемости инвестиций, индекс рентабельности). Сформулированы и обоснованы компоненты автоматизированной системы мониторинга (анкета мониторинга, аналитическая информация Организаций-исполнителей и Государственных заказчиков, аналитические отчеты, Интернет-портал, аппаратное обеспечение, мероприятия по сопровождению), требования к надежности и отказоустойчивости системы.

2. Разработан интегральный показатель степени экологической безопасности ресурсоемких производств, учитывающий безотходность, ресурсоемкость, энергоёмкость и земле-

пользование отчуждаемой территории, позволяющий осуществлять экологическую диагностику и ранжировать промышленные предприятия по их влиянию на основные компоненты окружающей среды.

Предложена новая методика определения степени экологичности и сравнения современных производственных технологий, базирующаяся на разработанных показателях, отличающаяся способом агрегирования частных оценок в единый интегральный показатель с использованием логарифмической шкалы.

3. Разработано информационное, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы управления технологическим процессом оптимизации природопользования, регламентации и нормирования ресурсопотребления, которое апробировано на примере предприятий молочной отрасли.

При разработке веб-ориентированного приложения «Оценка экологичности предприятия», выполнена программная реализация предложенных показателей, методики и алгоритма, позволяющая автоматизировать процесс сбора, хранения, обработки, анализа и представления предметных данных с разработкой актуальных природоохранных мероприятий для повышения степени экологичности рассматриваемых ресурсоемких производств и технологий.

В соответствии с Временной методикой определения предотвращенного экологического ущерба выполнена оценка значимости и эф-

фактивности предлагаемых природоохранных мероприятий, разрабатываемых веб-ориентированным средством на основании предложенных параметров, методики и алгоритма.

Предложенные новые методические подходы и программные средства апробированы на примере ряда крупных молокоперерабатывающих предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Рыбак В. А.** Антропогенная нагрузка на окружающую среду: количественная оценка, анализ, нормирование: монография / В. А. Рыбак. Мн.: РИВШ, 2010. 334 с.
2. **Научно-инновационный** подход к решению проблемы оценки и управления качеством окружающей природной среды в Республике Беларусь / И. В. Войтов, М. А. Гатих, Л. С. Лис, В. А. Рыбак // Вестник БНТУ. 2009. № 2. С. 67–75.
3. **Временная** методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс] // Waste.ru. – Режим доступа: <http://www.waste.ru/uploads/library/usherb.pdf>. – Дата доступа: 09.08.2017.
4. **Рыбак В. А.** Научно-методические основы и программные средства автоматизации оценки и анализа параметров перспективных эколого-безопасных технологий / В. А. Рыбак, Ахмад Шокар, А. Д. Гриб. – Минск: РИВШ, 2017. – 264 с.
5. **Рыбак В. А.** Эколого-экономические аспекты анализа ресурсоемких технологий / В. А. Рыбак, А. Д. Гриб // Инновации и инвестиции. – 2017. – № 7. – С. 91–95.
6. **Мониторинг** поверхностных вод в Беларуси. Белгидромет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rad.org.by/monitoring/aqua.html/>. – Дата доступа: 10.05.2019.
7. **Абдрахманов Р. Ф.** Применение математических методов при исследовании процессов смешения нефтепродуктов в речных водах / Р. Ф. Абдрахманов, Ж. Н. Кудряшова, В. Г. Попов // Водные ресурсы, 1995, т. 22, № 1. – С. 23–27.
8. **Атавин А. А.** Одномерная продольная модель переноса тепла и взвешенных речных наносов в водохранилище / А. А. Атавин, Е. П. Жданов, Ю. Н. Копылов // Метеорология и гидрология, № 2, 1995. С. 93–101.
9. **Беликов В. В.** Численное моделирование кинематики потока на участке неразмываемого русла / В. В. Беликов, А. А. Зайцев, А. Н. Милитеев // Водные ресурсы, 2001, т. 28, № 6. С. 701–710.
10. **Рыбак В. А.** Применение информационных технологий для дистанционного зондирования земли / В. А. Рыбак, Е. Е. Петлицкий, В. Н. Корнеев, А. В. Пахомов // Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. Минск: БГТУ, 2017. Ч. 2. С. 201–207.
11. **Водная** система реки Свислочь: оценка качества, нормирование сбросов, оздоровление / Л. Н. Гертман, В. Н. Корнеев, С. А. Дубенок, В. А. Рыбак, И. А. Булак. Минск: РИВШ, 2004. 222 с.
12. **Бреховских В. Ф.** Моделирование процесса распространения загрязняющих веществ в Северной Двине / В. Ф. Бреховских, Ю. А. Быляняк, В. М. Перекальский // Водные ресурсы, 2000, т. 27, № 5. С. 574–578.
13. **Шабаб И. Н.** Трехмерная задача распространения примесей / И. Н. Шабаб, А. Л. Чикин // Математическое моделирование. 2001. т. 13. № 3. С. 85–88.
14. **Математические** модели переноса загрязнений в окружающей среде / Ш. Х. Зарипов, Р. Ф. Марданов, А. К. Гильфанов, В. Ф. Шарафутдинов, Т. В. Никоненкова – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 47с.
15. **Зарипов Ш. Х.** Задачи математической экологии и пакет Maxima: учебное пособие / Ш. Х. Зарипов, Д. Ф. Абзалилов, Е. А. Костерина. – Казань: Изд-во Казанского федерального ун-та, 2015. – 120 с.

## REFERENCES

1. **Rybak V. A.** Anthropogenic load on the environment: quantification, analysis, rationing: monograph / V. A. Rybak. Mn.: RIVSh, 2010. 334 p.
2. **Scientific** and innovative approach to solving the problem of assessing and managing the quality of the environment in the Republic of Belarus / I. V. Voitov, M. A. Gatikh, L. S. Lis, V. A. Rybak // Vestnik BNTU. 2009. № 2. p. 67–75
3. **Temporary** methodology for determining prevented environmental damage [Electronic resource] // Waste.ru. – Access mode: <http://www.waste.ru/uploads/library/usherb.pdf>. – Access Date: 08/09/2017.
4. **Rybak V. A.** Scientific and methodological foundations and software for automating the assessment and analysis of parameters of promising environmental-safe technologies / V. A. Rybak, Ahmad Shokr, A. D. Mushroom. – Minsk: RIVSH, 2017. – 264 p.
5. **Rybak V. A.** Ecological and economic aspects of the analysis of resource-intensive technologies / V. A. Rybak, A. D. Mushroom // Innovations and Investments. – 2017. – № 7. – p. 91–95.
6. **Monitoring** of surface water in Belarus. Belhydromet [Electronic resource]. – Access mode: <http://rad.org.by/monitoring/aqua.html/>. – Date of access: 05/10/2019.
7. **Abdrakhmanov R. F.** The use of mathematical methods in the study of mixing processes in the oil field of brines and river waters / R. F. Abdrakhmanov, Zh. N. Kudryashova, V. G. Popov // Water Resources, 1995, v. 22, No. 1. – S. 23–27.
8. **Atavin A. A.** One-dimensional longitudinal model of heat transfer and suspended river sediments in a reservoir / A. A. Atavin, E. P. Zhdanov, Yu. N. Kopylov // Meteorology and Hydrology, No. 2, 1995. P. 93–101.
9. **Belikov V. V.** Numerical modeling of flow kinematics in a section of an indelible channel / V. V. Belikov, A. A. Zaitsev, A. N. Militeev // Water Resources, 2001, v. 28, No. 6. S.701–710.



10. **Fisherman V. A.** Application of information technology for remote sensing of the earth / V. A. Fisherman, E. E. Petlitsky, V. N. Korneev A. V. Pakhomov // Water resources and climate: materials of reports of the V International Water Forum: in 2 hours – Minsk: BSTU, 2017. Part 2. P. 201–207.

11. **Water** system of the Svisloch River: quality assessment, rationing of discharges, rehabilitation / L. N. Gertman, V. N. Korneev, S. A. Dubenok, V. A. Rybak I. A. Bulak. Minsk: RIVSH, 20014. 222 p.

12. **Brekhovskiy V. F.** Modeling of the spread of pollutants in the Northern Dvina / V. F. Brekhovskiy, Yu. A. Bylylyak, V. M. Perekalsky // Water Resources, 2000, v. 27, No. 5. S.574–578.

13. **Shabas I. N.** The three-dimensional problem of the distribution of impurities / I. N. Shabas, A. L. Chikin // Mathematical Modeling. 2001. v. 13. No. 3. S.85–88.

14. **Mathematical** models of pollution transfer in the environment / Sh. Kh. Zaripov, R. F. Mardanov, A. K. Gilfanov, V. F. Sharafutdinov, T. V. Nikonenkova – Kazan: Kazan. University, 2018. 47 p.

15. **Zaripov Sh. Kh.** Tasks of mathematical ecology and the Maxima package: textbook / Sh. Kh. Zaripov, D. F. Abzalilov, E. A. Kosterina. – Kazan: Publishing House of the Kazan Federal University, 2015. – 120 p.

Поступила  
21.03.2019

После доработки  
23.09.2019

Принята к печати  
01.10.2019

РЫБАК В. А., \* ГРИБ А. Д., АХМАД С.

## APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR AUTOMATION MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL ACTIVITY

*Belarusian National Technical University*

*\*RUE «Central Research Institute for the Integrated Use of Water Resources»*

*The article deals with the problem of assessing the conformity of various resource-intensive industries and enterprises with the principles of environmental management. On the basis of existing systems, a new model of monitoring the implementation of innovative projects within the framework of the State Innovative Development Program of the Republic of Belarus is proposed, which includes five main levels: implementing organizations, Government customers, GU BelISA, State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus, Council of Ministers of the Republic Belarus, Administration of the President of the Republic of Belarus. This model is programmatically implemented using the latest information technologies and is presented in the form of a web portal for collecting, storing, processing and displaying relevant subject data.*

*Generally developed approaches and automated tools have been tested and modified for the dairy industry, since this sector of the national economy is one of the most significant for the Republic of Belarus in terms of production. In this direction, indicators of waste-free, resource-intensive, energy-intensive and earth-intensiveness were proposed, which were reduced to a single integral index by the method of logarithmic averaging, which made it possible to increase the sensitivity to changes in terms compared with the arithmetic and geometric averages. To automate the process of collecting, storing, processing and displaying this information, a software tool has also been developed that allows to automate environmental management. The ultimate goal of this tool is to support decision making when choosing a project that is more environmentally friendly. For industries and technologies that do not fall into the category of rational from the point of view of environmental management, a mathematical model of their optimization has been developed with the selection of specific environmental protection measures. The economic efficiency of the developed automation tools was calculated using the methodology for determining the prevented environmental damage and summed up 28303 rubles per year for the company under study.*

**Keywords:** *environmental management, automated system, environmental measures, information technology, web portal.*



**Рыбак Виктор Александрович**, к.т.н., доцент  
Доцент кафедры информационных систем и технологий МИДО БНТУ.  
**Victor A. Rybak**, Ph. D., Associate Professor  
Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies,  
MIDO BNTU.



**Гриб Анна Дмитриевна**  
Учёный секретарь Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов.

**Grib Anna Dmitrievna**  
Scientific Secretary of the Central Research Institute for the Complex Use of Water Resources.



**Шокр Ахмад**  
Аспирант кафедры информационных систем и технологий МИДО БНТУ.

**Shokr Ahmad**  
Post-graduate student of the Department of Information Systems and Technologies of MIDO BNTU.