

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN516.pdf>

Статья опубликована 25.10.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Муртазина М.Ш., Панченко М.А. Разработка информационной системы для оценки негативного воздействия энергетических предприятий на окружающую среду выбросами вредных веществ в атмосферу // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN516.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 004**

**Муртазина Марина Шамильевна**

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Россия, Новосибирск<sup>1</sup>

Доцент кафедры «Экономической информатики»

Кандидат философских наук

E-mail: [murtazina@corp.nstu.ru](mailto:murtazina@corp.nstu.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=568064](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=568064)

**Панченко Мария Андреевна**

ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», Россия, Чита

Специалист

Отдел проектирования и реализации образовательных программ

E-mail: [maria.panchenko.chita@gmail.com](mailto:maria.panchenko.chita@gmail.com)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=869560](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=869560)

**Разработка информационной системы для оценки  
негативного воздействия энергетических предприятий  
на окружающую среду выбросами вредных  
веществ в атмосферу**

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам проектирования информационной системы для оценки негативного воздействия от выбросов вредных веществ в приземную атмосферу от стационарных источников. В качестве стационарных источников выбраны энергетические предприятия. Оценка их негативного воздействия на окружающую среду лежит в области важной научной проблемы эколого-экономической оценки результатов воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду. В процессе научной деятельности подсчет экономического ущерба от негативного влияния энергетических предприятий позволяет анализировать эффективность природоохранных мероприятий, а также определять влияние этих предприятий на экологическое состояние региона.

Работа содержит краткий обзор методик укрупненной оценки экономического ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферу. На основе анализа отечественных публикаций и нормативных документов выделен перечень показателей, которые могут быть задействованы при расчетах ущерба методами укрупненной оценки. Авторами предлагается модель информационной системы, в рамках которой пользователь сможет производить расчеты по данным о годовой массе выбросов вредных веществ для предприятия или региона методами

---

<sup>1</sup> 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

укрупненной оценки. Разрабатываемая информационная система позволит накапливать информацию о выбросах вредных веществ на основании данных статистического отчета по форме № 2-ТП (воздух) и производить по ним расчет размеров экономического ущерба.

**Ключевые слова:** экономический ущерб; эколого-экономическая оценка; методика укрупненной оценки; негативное воздействие на окружающую среду; загрязнение атмосферы; выбросы вредных веществ; энергетическое предприятие; стационарный источник; информационная система; автоматизация

## Введение

Среди электростанций наибольшее отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают тепловые электрические станции. В качестве источника получения энергии на тепловых электрических станциях используется органическое топливо, при сжигании которого в приземную атмосферу тоннами выбрасываются токсичные вещества, такие как диоксид азота (NO<sub>2</sub>), оксид азота (NO), оксид серы (SO<sub>2</sub>) и другие. К наиболее опасным продуктам сгорания топлива относят оксиды азота и бензапирен [1]. Загрязнение приземной атмосферы является значимым фактором, который негативно воздействует на окружающую природную среду в целом, и состояние здоровья человека, в частности.

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» за период 2010-2014 гг. наблюдалось снижение давления выбросов вредных веществ на окружающую среду при росте объема производства (добычи) энергоресурсов. Однако при детальном анализе негативного воздействия предприятий энергетики на окружающую среду по регионам становится очевидна недостаточная эффективность предпринимаемых природоохранных мер. В работах [2, 3] показано, что удельное негативное воздействие на окружающую среду распределено по территории страны крайне не равномерно и не самое лучшее положение при этом занимают отдельные приграничные и природно-ресурсные регионы Сибири и Дальнего Востока. Соответственно, необходимость восстановления нарушенного состояния окружающей среды и оценки стоимости восстановительных природоохранных мероприятий в каждом отдельно взятом регионе не вызывает сомнений.

Определение экономического ущерба, наносимого хозяйственной деятельностью человека, является сложным вопросом в экономике природопользования. Методы оценки экономического ущерба от выбросов вредных веществ условно подразделяются на две группы: методы прямого счета и методы косвенной (укрупненной) оценки. В данной работе речь пойдет о второй группе методов. В настоящее время существует несколько укрупненных методик для расчета размеров экономического ущерба от выбросов в атмосферу. Среди них: официальные документы и методики отдельных авторов, опубликованные в научных изданиях. По каждой из методик процесс расчета представляется крайне трудоемким и поэтому его автоматизация является необходимой. Основной проблемой для конечного пользователя продуктов по расчету размеров экономического ущерба является то, что в них обычно реализована только одна определенная методика. И если требуется произвести сравнение результатов расчета по нескольким методикам, то приходится заполнять базы данных нескольких программ и затем производить сведение данных для сравнения вручную. Этим и обуславливается актуальность создания единой информационной системы, которая позволит производить оценку сразу по нескольким методикам. Для решения обозначенной задачи требуется проанализировать набор показателей, которые могут быть задействованы в расчетах и спроектировать соответствующую структуру системы так, чтобы можно было наращивать методическую базу системы и применять ее к уже имеющимся данным.

### Данные и методы исследования

Объектом исследования является процесс расчета методами косвенной (укрупненной) оценки экономического ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферу. Целью работы является автоматизация этого процесса путем создания информационной системы, которая позволит накапливать данные, производить расчеты по выборке данных с последующей выдачей в файлы MS Excel.

При разработке модели информационной системы были использованы такие методы, как абстрактно-логический, системный и сравнительный анализ, методы анализа и оптимизации бизнес-процессов.

Источниками информации для проведения исследования послужили данные Росстата и государственная статистическая отчетность по охране окружающей среды, публикации по тематике косвенной оценки экономического ущерба от выбросов в атмосферу, а так же данные произведенных поисковых запросов по вопросам разработки программного обеспечения в области эколого-экономических расчетов.

Методами косвенной оценки экономического ущерба называются методы, базирующиеся на принципе перенесения общих закономерностей на исследуемый объект [4, С. 28]. Для этой группы методов величина экономического ущерба представляет собой денежную оценку отрицательных последствий от валовых выбросов загрязняющих веществ, рассчитанную на основании ущербобразующих факторов, представленных в виде таблиц нормативных показателей.

Одним из первых официальных документов, содержащих рекомендации по укрупненной оценке экономического ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, стала «Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», утвержденная в 1983 году. Согласно данной методике, экономическая оценка ущерба может быть вычислена по формуле:

$$Y = \gamma * \sigma * f * M, \quad (1)$$

где:  $Y$  – оценка ущерба, руб./год;

$\gamma$  – оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха, руб./усл. т;

$\sigma$  – безразмерный показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов;

$f$  – безразмерный показатель, учитывающий характер рассеяния примеси в атмосфере;

$M$  – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника, усл. т/год.

При этом приведенная годовая масса выброса загрязняющих веществ в атмосферу из источника выбросов вычисляется по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i * m_i, \quad (2)$$

где:  $m_i$  – годовая масса выброса в атмосферу одного вида загрязняющих веществ, усл. т/т;

$A_i$  – показатель относительной агрессивности примеси  $i$ -го вида, усл. т/т.

Во «Временной типовой методике определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий...» определены формулы для расчетов безразмерных показателей  $\sigma$ ,  $f$  и  $A_i$ , а также значения, которые следует применять, если

фактической информации не достаточно для проведения точного расчета. Данная методика применима для расчета по отдельно взятому предприятию. Исследователями проблемы оценки экономического ущерба от выбросов вредных веществ предлагается использовать разные нормативы стоимости за выбросы вредных веществ в пределах допустимых норм и сверх этих пределов. Здесь можно встретить два подхода. Первый подразумевает одно значение показателя для выброса в пределах допустимых норм и второе - для выброса сверх этих пределов [5, С. 104]. Обозначим их  $\gamma'$  и  $\gamma''$  соответственно. Согласно второй точке зрения, принятия постоянных значений (одинаковых для всех веществ) денежной оценки ущерба от единицы выброса вредного вещества нецелесообразно. При таком подходе предлагается использовать в расчетах  $\gamma'_i$  – для выброса  $i$ -го вещества в пределах допустимых норм и  $\gamma''_i$  – для выброса  $i$ -го вещества сверх этих пределов. В частности, в работе [4] при расчетах использованы нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками, установленные Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. N 344.

Другими часто применяемыми документами среди официально принятых документов для проведения расчетов методом укрупненной оценки стали «Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба», утвержденная в 1999 году Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды и утвержденная в том же году на ее основе «Методика определения предотвращенного экологического ущерба». «Временная методика предотвращенного экологического ущерба» включает в себя расчетные формулы и таблицы нормативных показателей. Для оценки воздействия на окружающую среду выбросов вредных веществ в атмосферный воздух – это: показатель удельного ущерба от загрязнения атмосферного воздуха по экономическим районам Российской Федерации (в ценах 1998 г.), коэффициент относительной эколого-экономической опасности загрязняющего вещества, коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий в составе экономических районов. Содержание второго документа практически идентично первому, но показатель удельного ущерба во втором документе приведен в ценах 1999 г и в расчетной формуле нет прямого указания на использование индекс-дефлятора по отраслям промышленности, который устанавливается на рассматриваемый период. Также следует указать, что для второго документа была определена дата окончания срока действия – 5 января 2001 года. Ряд авторов указывает [7, 8], что методика, приведенная в этих документах, может быть применима для оценки фактического экономического ущерба вместо предотвращенного. Данная методика может быть использована для расчета как по отдельно взятому предприятию, так и по региону. Возможно, последнее как раз и определяет востребованность этой методики.

В настоящее время состояния рынка программного обеспечения в области эколого-экономических расчетов такого, что наиболее распространены решения, направленные на расчет экологических платежей. Среди них есть и коммерческие решения, и бесплатные программные продукты, включая онлайн сервисы [9]. Данный сегмент рынка является хорошо развитым, что обуславливается обязательностью экологических платежей для предприятий-загрязнителей. В то же время сегмент рынка программного обеспечения для оценки экономического ущерба развит слабо. В научных публикациях поднимается проблема не соответствия размеров экологических платежей и фактических размеров наносимого ущерба, а также вопросы разработки соответствующих программных продуктов. Проведенный анализ публикаций показывает, что чаще всего программные продукты, предназначенные для расчета экономического ущерба, основываются на описанных выше методиках, а исследователями проблемы оценки экономического ущерба от выбросов вредных веществ предлагаются уточнения к обозначенным методикам и разрабатываются

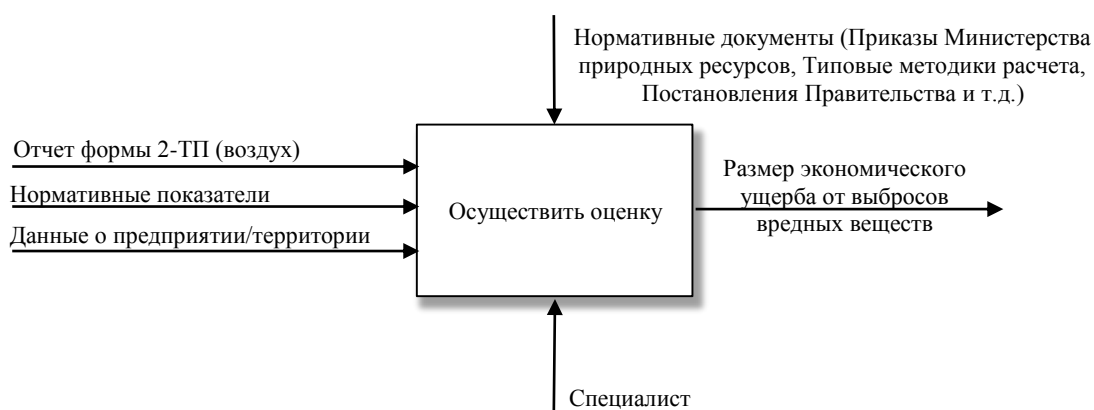
собственные программные продукты [6, 10, 11]. Последнее означает, что после реализации в программном продукте основных методик, представляется возможным наращивания методической базы системы путем внесения дополнительных методик оценки.

### Описание информационной системы

После анализа возможностей существующих программных продуктов по оценке экономического ущерба и выявления их недостатков были сформулированы следующие требования к новой информационной системе:

- 1) система должна базироваться на нормативных документах в области оценки экономического ущерба от выбросов в атмосферу;
- 2) справочная база системы должна содержать нормативные показатели, необходимые для расчетов по типовым методикам;
- 3) система должна предоставлять возможность ввода уточненных методик расчета на базе типовых методик;
- 4) система должна обеспечивать накопление данных о выбросах вредных веществ по предприятиям и регионам на основе данных статистического отчета по форме № 2-ТП (воздух);
- 5) при оценке размеров экономического ущерба по региону должно быть предоставлена возможность применения «Временная методика предотвращенного экологического ущерба» к суммарным данным по региону, а также возможность суммирования результатов оценки по нескольким предприятиям региона в рамках выбранной пользователем методики оценки ущерба.

Функциональная модель процесса расчета размеров экономического ущерба, лежащая в основе разрабатываемой информационной системы, представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Контекстная диаграмма системы (рисунок авторов)

Декомпозиция процесса «Осуществить оценку» позволила выявить следующие подпроцессы «Ввод данных о предприятии/территории», «Ввод данных о выбросах», «Расчет по методикам». Для реализации первого подпроцесса в системе необходимо выбрать тип вводимого объекта (предприятие или территория) и заполнить его характеристики. Для территории – это наименование, вид (город, край), тип загрязняемой территории (по таблице 1 приложения 6 «Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий...»), численность населения (можно указать

для нескольких лет), для города указывается принадлежность к краю, для края – экономический район (по таблице 1 приложения 2 «Временной методики предотвращенного экологического ущерба»). Для предприятия – принадлежность к территории, высота устья источника, среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере, среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера (вводится, если известно, в остальных случаях принимается равным 3 м/с).

Для реализации подпроцесса «Ввод данных о выбросах» в системе необходимо выбрать объект, для которого будут вводиться данные, и указать год. Далее из справочника выбрать вещества и указать объем выбросов по форме № 2-ТП (воздух). На рисунке 2 представлена форма ввода данных о размерах произведенных выбросов.

Выбор списка веществ основан на перечне вредных веществ, для которых установлены нормативы платы Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. N 344. В справочнике для веществ указаны нормативы платы и Постановления правительства, устанавливающие эти нормативы, а также коэффициенты инфляции, применяемые к нормативам (в последующие периоды вводятся пользователем). Для списка веществ указаны на основании таблиц из «Временной методики определения предотвращенного экологического ущерба» коэффициенты относительной эколого-экономической опасности загрязняющего вещества. В случае отсутствия вещества в справочнике пользователь может внести его самостоятельно.

Для удобства работы пользователя в рамках подпроцесса «Расчет по методикам» разработан «Мастер расчетов», включающий в себя три шага: выбор предприятия или территории, выбор списка веществ, включаемых в расчет, и выбор методик расчета. На последнем шаге пользователь может выбрать типовые методики расчета или добавить модификации этих методик – расчетные формулы по нормативным показателям из типовых методик. Если по выбранной методике невозможно произвести расчет для указанного объекта система выдаст сообщение. Например, если выбран объект типа «край», для него введены только итоговые данные без указания предприятий и их характеристик, то произвести расчет по методике, требующей использовать данные, характеризующие устье источника выброса становится невозможно.

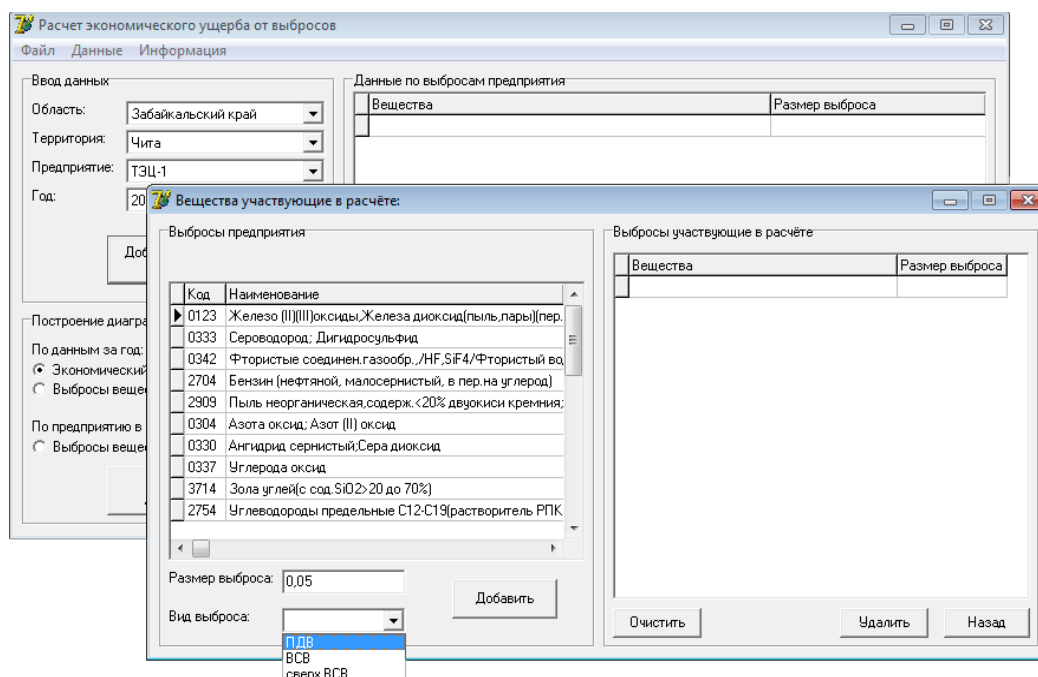


Рисунок 2. Форма ввода данных для расчета (рисунок авторов)

Рассмотрим процедуру добавления расчетной формулы на примере методики оценки эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий из работы [6], в которой предлагается уточненная формула для стоимостной оценки экономического ущерба:

$$Y_{эв} = \begin{cases} k_{эр} \sum_{i=1}^n \gamma'_i k_{эi} k_{ui} q_i, & q_i \leq ПДВ_i \\ k_{эр} \sum_{i=1}^n k_{эi} k_{ui} (\gamma'_i ПДВ_i + \gamma''_i q_{сви}), & q_i > ПДВ_i \end{cases} \quad (3)$$

где:  $Y_{эв}$  – оценка ущерба, руб./год;

$\gamma'_i$  – денежная оценка ущерба от единицы выброса вредного вещества, не превышающая их предельно допустимые значения

$\gamma''_i$  – стоимостная оценка ущерба от единицы выброса вредного вещества, превышающая их предельно допустимые значения;

$k_{эр}$  – коэффициент экологической значимости региона (по таблице 2 приложения 3 «Временной методики предотвращенного экологического ущерба»);

$k_{эi}$  – коэффициент приведения различных вредных веществ к агрегированному виду, характеризующий относительную опасность i-го вещества (по таблице 2 приложения 2 «Временной методики предотвращенного экологического ущерба»);

$k_{ui}$  – коэффициент, учитывающий инфляцию;

$q_i$  – фактический объем выброса i-го вредного вещества в пределах ПДВ<sub>i</sub>;

ПДВ<sub>i</sub> – объем предельного допустимого выброса i-го вредного вещества;

$q_{сви}$  – фактический объем выброса сверх ПДВ<sub>i</sub>;

n – количество вредных веществ.

Для введения этой методики необходимо на шаге 3 «Мастера расчетов» выбрать «Дополнительно» и нажать кнопку «Добавить новую». После этого откроется окно «Конструктор формул» (рис. 3).

Для реализации работы «Конструктора формул» в базе данных используются три вспомогательные таблицы. В первой из них хранятся обозначения элементов формул, их описание и названия таблиц базы данных, в которых хранятся значения показателей. Во второй – описание новой формулы, которое включает наименование и описание, в третьей – список показателей для расчета по созданной формуле на основании первой таблицы.

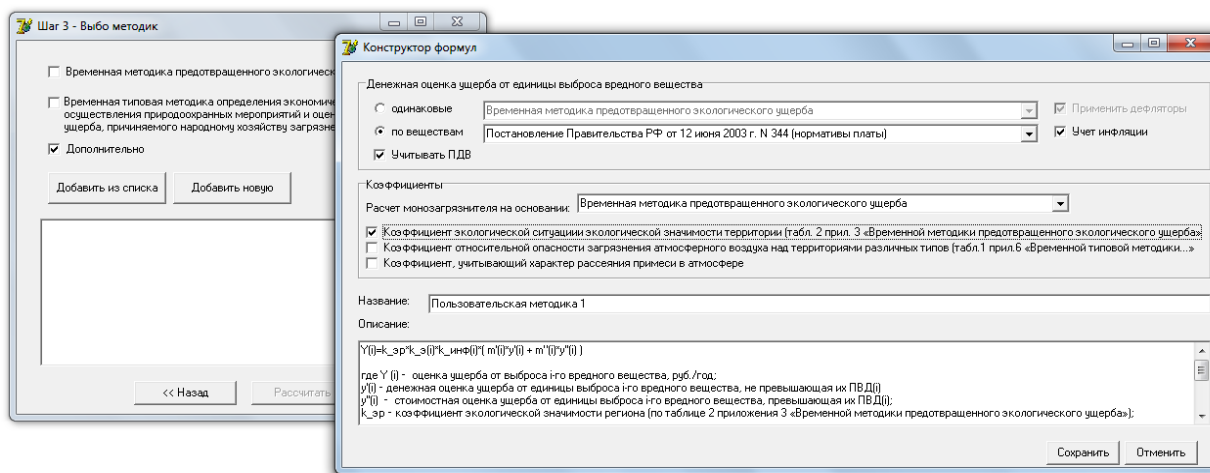


Рисунок 3. Форма добавления методик (рисунок авторов)

В качестве дополнительных функций в системе реализован «Конструктор диаграмм», который дает возможность построения гистограмм динамики выбросов вредных веществ по годам для выбранного предприятия или региона, а также построения круговых диаграмм для отображения процентного соотношения вредных веществ в объеме выборов предприятия или региона за указанный год.

Для разработки системы использована IDE Borland Delphi 7, для работы с таблицами MS Excel – стандартные компоненты для работы с OLE, входящие в состав дистрибутива Borland Delphi 7. В качестве СУБД выбрана система Microsoft Access 2007. Необходимое программное обеспечение для функционирования системы: ОС Windows XP (или выше) и MS Excel 2007 (или выше).

### **Заключение**

В рамках данного исследования была предпринята попытка создания информационной системы для косвенной (укрупненной) оценки негативного воздействия на экологическое состояние окружающей среды выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от энергетических предприятий. В процессе работы над проектом было выполнено следующее:

- 1) систематизированы данные в области негативного воздействия энергетических предприятий на окружающую среду выбросами вредных веществ в атмосферу;
- 2) определена модель работы информационной системы по оценке экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ при сжигании топлива;
- 3) спроектирована структура базы данных информационной системы;
- 4) реализована возможность расчета экономического ущерба по типовым методикам;
- 5) реализован прототип конструктора формул для пополнения методической базы информационной системы.

В настоящее время ведутся работы по доработке «Конструктора формул» и усовершенствованию визуализации результатов работы системы. Разрабатываемая информационная система будет иметь практическую значимость для специалистов профессионально занятых в сфере экологической безопасности, а так же специалистов, занимающихся изучением вопросов устойчивого развития. Результаты расчетов и проведенный на их основе анализ смогут быть использованы в дальнейшем для отражения реального состояния экологической обстановки и принятия управленческих решений по стабилизации негативного воздействия от выбросов загрязняющих веществ, сохранению и улучшению экологического состояния окружающей среды.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Злотин Г.Н., Грига А.Д., Куланов В.А., Грига С.А. Совместное влияние выбросов оксидов азота и бензапирена при работе энергетических котлов ТЭЦ // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2009. №7 (55). С. 34-36.
2. Клевакина Е.А., Забелина И.А. Межрегиональное неравенство в России: экологический аспект // Регион: Экономика и Социология. 2012. №3 (75). С. 203-213.
3. Забелина И.А., Клевакина Е.А. Приграничное сотрудничество и его влияние на качество экономического роста (на примере Забайкальского края) // ЭКО. 2013. №5 (467). С. 108-123.
4. Харитонов Г.Б. Анализ методологий и методик оценки экологического ущерба от негативного антропогенного воздействия на окружающую среду // Проблемы современной экономики (Новосибирск). 2010. №1-2. С. 27-31.
5. Москаленко А.П. Экономика природопользования и охраны окружающей среды: Учеб. пособие. Москва: МарТ, 2003. 224 с.
6. Лоскутова Е.О. Оценка эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. Аспирантские тетради. Москва, 2008. №76-1. С. 75-82.
7. Юзбеков М.А., Юзбеков М.А. Разработка экономических методов управления экономической безопасностью в регионе // Фундаментальные исследования. 2013. №4-1. С. 233-237.
8. Костылева Н.В., Микишева В.И., Сорокина Т.В. Экологический ущерб: вопросы, вопросы... // Геогр. вестн. 2010. №1. С. 46-54.
9. Панченко М.А. Разработка информационной системы для анализа негативного воздействия теплоэнергетических предприятий на окружающую среду // Молодежь и системная модернизация страны: сборник научных статей Международной научной Конференции студентов и молодых ученых. В 2 т. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т: Университетская книга, 2016. Т. 2. С. 53-57.
10. Шахова Н.В. Оценка экономического ущерба от загрязнения окружающей среды источниками теплоты систем теплоснабжения // Экономика и управление. 2013. №5. С. 76-81.
11. Романов В.А., Карпейкин А.А., Учуватова Ю.Е., Доница Н.В. Программа для расчета укрупненной оценки ущерба, наносимого окружающей среде в результате выброса в атмосферу / В.А. Романов // Экономика и эффективность организации производства. 2015. №23. С. 75-78.

**Murtazina Marina Shamil'evna**

Novosibirsk state technical university, Russia, Novosibirsk  
E-mail: murtazina@corp.nstu.ru

**Panchenko Maria Andreyevna**

Transbaikal state university, Russia, Chita  
E-mail: maria.panchenko.chita@gmail.com

## **The development of information system for evaluation of the negative impact of pollutant emissions to the atmosphere by energy companies**

**Abstract.** The article is devoted to the development of information system that evaluates the negative impact of pollutant emissions into the atmosphere from stationary sources. Energy companies are selected as stationary sources in this paper. Evaluation of the negative impact on the environment is an important task for science. The results of evaluation impact of pollutant emissions can be used in the process of analysis of the impact the human activities cause to the environment. The calculation of economic damage caused by pollutant emissions from energy companies allows to analyze the effectiveness of environmental protection measures. And also, the calculation of economic damage allows to determine the impact of the energy enterprises on the ecology of the region.

The article contains a brief review of methods of aggregated estimation of economic damage caused by pollutant emissions to the atmosphere by stationary sources. The authors have analyzed a number of Russian research papers and regulatory documents. The result is the list of main indicators that can be used in calculations of methods of aggregated estimation of economic damage caused by pollutant emissions to the atmosphere. The model of information system the authors propose allows to make calculations using data about annual mass emissions a geographic region or a company. The information system makes possible to collect data from statistical reports of Form № 2-TP (air) about pollutant emissions and then use this data to evaluate the economic damage to the environment.

**Keywords:** economic damage; ecological-economic evaluation; methods of aggregated estimation; negative impact on the environment; air pollution, pollutant emissions; energy companies; stationary source; information system; automation