

УДК 004.9:504.064.2.001.18

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

О.М. БАКУНОВА, О.Н. ОБРАЗЦОВА

*Институт информационных технологий  
Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь*

*Поступила в редакцию 20 ноября 2017*

**Аннотация.** В работе описан программный комплекс оценки антропогенной нагрузки на территориальные образования. Математической основой данного программного комплекса является метод конечных предикатов. Разработанный программный комплекс осуществляет обработку данных, расчет комплексного показателя и визуализацию уровня комфортности проживания. Программный комплекс был успешно апробирован на наборах данных Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [1].

**Ключевые слова:** оценка антропогенной нагрузки, комплексный показатель загрязненности окружающей среды, программный комплекс.

**Abstract.** The program complex of anthropogenic effect on territory units is described. This program complex is mathematically based on method of finite predicates. It implements data processing, computation of complex indicator a visualizing of comfort living level. The program complex is successfully tested on data sets from National system of environmental monitoring of the Republic of Belarus [1].

**Keywords:** anthropogenic effect assessment, complex indicator of environmental contamination, program complex.

**Doklady BGUIR. 2018, Vol. 111, No. 1, pp. 37-42**  
**Program complex for the assessment of anthropogenic effect  
on administrative areas of the Republic of Belarus**  
**O.M. Bakunova, V.M. Abratzsova**

### Введение

Оценка загрязнения и мониторинг окружающей среды являются важными задачами, которым уделяется особое внимание на международном уровне. Существенную роль играет оценка антропогенного воздействия на окружающую среду. Информация о вредных и опасных загрязняющих веществах, выбрасываемых в атмосферу, водную и почвенную среды является важной для оценки загрязнения окружающей среды, заболеваемости и смертности населения. Одной из целей международных соглашений, в частности Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусской конвенции) [2], является активное информирование общественности посредством Интернета, публикаций отчетов о состоянии окружающей среды.

Предлагаемый программный комплекс будет способствовать открытому доступу к экологической информации. Также данный программный комплекс при эксплуатации его государственными органами будет способствовать сбору и распространению экологической информации, постепенному увеличению ее объема в электронных базах данных, являющихся

легкодоступными для общественности через публичные сети связи, что предусмотрено ст. 5 Орхусской конвенции [2].

В данном программном комплексе для оценки состояния окружающей среды в качестве исходных данных используются показатели, изложенные в Руководстве по подготовке оценочных докладов по охране окружающей среды, основанных на применении экологических показателей в странах Восточной Европы (ECE/CEP/140) [3].

### Построение модели

В предложенной модели для оценки антропогенной нагрузки данные структурируются по четырем признакам: район, источник загрязнения, загрязнитель, среда.

Структура программного комплекса представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема программного комплекса

В программном комплексе (рис. 2) имеется справочник нормативных показателей (предельно допустимых концентраций, среднегодовых, среднесуточных, максимально-разовых значений для различных загрязнителей в различных средах), составленный по действующим ТНПА, например [4], и необходимый для оценки экспериментальных значений. При изменении ТНПА администратор имеет возможность изменить справочные значения. Имеется разграничение доступа Пользователь/Администратор.

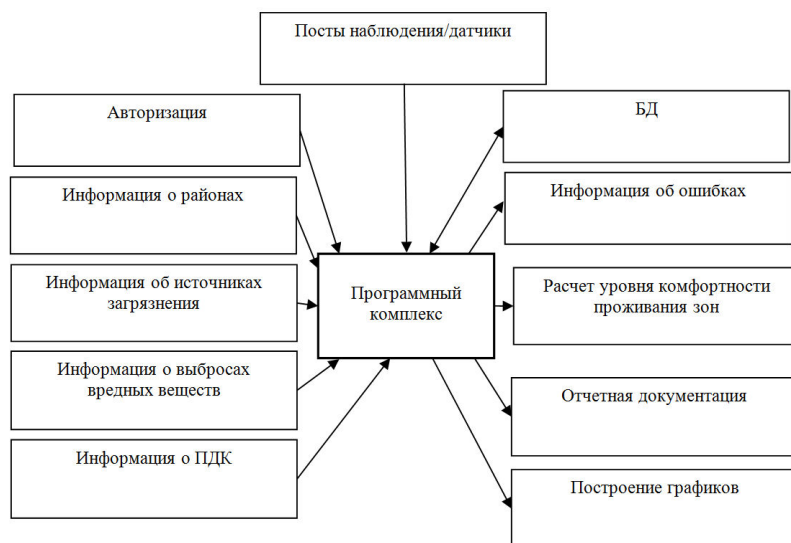


Рис. 2. Схематическое изображение информационной модели программного комплекса

Статистические данные могут быть представлены в различных формах. Набор данных содержит одно или несколько значений для каждого из отдельных объектов. В качестве таких объектов могут выступать города, предприятия, транспорт или все, что представляет интерес для изучения. Эти объекты называют элементарными единицами. Для каждого объекта регистрируют один и тот же признак или признаки. Например, регистрируются виды и типы загрязнителей и загрязняемая среда для каждого источника и т.д. Признак, который регистрируется для каждого из объектов, называют переменной [5]. Наборы данных классифицируют по следующим признакам:

- по количеству переменных (одномерные, двумерные или многомерные наборы данных);
- по типу данных (количественные или качественные);
- по тому, важна ли упорядоченность данных во времени или нет.

На рис. 3 и 4 представлены примеры использования указанного метода.

Метрики	Метод конечных предикатов							Земля	
	Воздух				Вода			Транспорт	Промышленность
	Диоксид	Аммиак	Азот	Пыль	Удобрения	Кислотные осадки	Лекарства		
Мядель	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Вилейка	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Логойск	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Борисов	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Крупки	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Березино	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пуховичи	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Старые Дороги	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Любань	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Солигорск	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Копыль	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Клецк	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Несвиж	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Столбцы	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Воложин	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Молодечно	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Минск	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Смолевичи	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дзержинск	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Узда	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Слуцк	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Внешний вид матрицы конечных предикатов на примере экологических показателей для населенных пунктов Минской области

Матрица результатов	
Метрики	Антропогенная нагрузка
	R
Мядель	200
Вилейка	400
Логойск	0
Борисов	0
Крупки	500
Березино	1000
Червень	0
Пуховичи	0
Старые Дороги	0
Любань	0
Солигорск	0
Копыль	0
Клецк	0
Несвиж	0
Столбцы	0
Воложин	0
Молодечно	0
Минск	500
Смолевичи	0
Дзержинск	0
Узда	0
Слуцк	0

Рис. 4. Внешний вид матрицы результатов

Для разработки программного комплекса использован метод конечных предикатов, который представляет данные в виде многомерных наборов, выборками из которых являются одно- и двумерные наборы. Одномерные наборы данных содержат только один признак для каждого объекта. Эти данные позволяют определить типичное значение признака, насколько значения отличаются друг от друга, требуют ли отдельные данные особого внимания.

Примером одномерных данных является информация о выбросах в атмосферу по одному веществу для различных районов. Она позволяет выявить наиболее и наименее загрязненные районы, понять, насколько отличаются уровни загрязнения по районам, обратить внимание на наиболее загрязненные районы.

Наборы двумерных данных содержат информацию о двух признаках для каждого из объектов. Кроме того, что они дают возможность получить два набора одномерных данных. Двумерные данные позволяют установить, существует ли корреляция между двумя переменными, можно ли предсказать значение одной переменной по значению другой и если да, то с какой вероятностью.

Хозяйственная деятельность человека оказывает существенное влияние на биосферу, поэтому вопросы экологии, охраны окружающей среды, оценки влияния экологических факторов на здоровье человека, общедоступность экологической информации имеют важное значение [6–9]. Представленный программный комплекс позволяет выполнять комплексную оценку антропогенной нагрузки на территориальные единицы, включающую учет загрязнений по различным средам, типам загрязнителей, отдельным загрязнителям.

Программный комплекс производит статистическую обработку данных, полученных от стационарных и передвижных постов наблюдения за состоянием окружающей среды. Представлены данные по следующим признакам: среда, вид загрязнителя, тип загрязнителя, загрязнитель, город, тип поста наблюдения, пост наблюдения.

В базу данных заложены значения предельно допустимых концентраций, соответствующие установленным в настоящее время нормативно-правовыми актами, которые пользователь может посмотреть.

Пользователь может задавать параметры поиска, которые будут отражены в отчете; отчет может быть сформирован для конкретной территориальной единицы, определенного загрязнителя, загрязняемой среды и периода времени.

В отчетах имеются две возможности визуализации по частным показателям: построение линейных диаграмм на фоне усредненных по всем территориальным единицам значений или в виде сформированного в формате .pdf отчета с цветовым выделением допустимых/недопустимых концентраций. Визуализация комплексного показателя осуществляется закрашиванием территориальных единиц определенным цветом в зависимости от значения комплексного показателя (рис. 5). Для построения диаграмм и отчетов использовались исходные данные из [1].

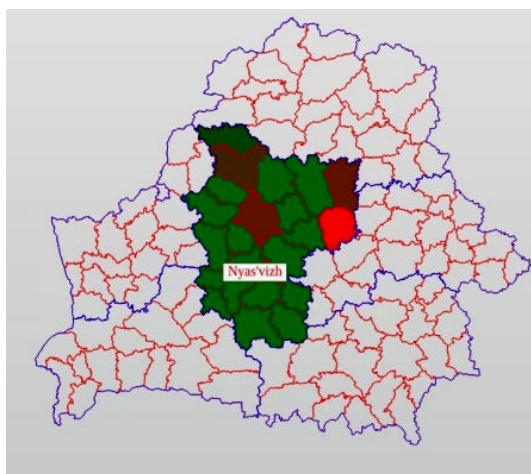


Рис. 5. Пример представления данных по концентрациям загрязнителей, полученные с помощью программного комплекса

## Результаты и обсуждение

В результате моделирования получен программный комплекс-обработчик статистики, в основу которого положен метод конечных предикатов, который был реализован в среде объектно-ориентированного программирования AngularJS и Google Web Toolkit (GWT).

Программный комплекс апробирован на наборах данных, приведенных в отчетах Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [1]. Вносить изменения может только аутентифицированный пользователь, для чего предусмотрена система логинов и паролей. Показано, что по результатам статистической обработки формируется отчет в виде линейных диаграмм, позволяющих наглядно увидеть динамику изменения неблагоприятных факторов внешней среды в том или ином населенном пункте, а также в виде сформированного в формате .pdf отчета с цветовым выделением допустимых/недопустимых концентраций. Визуализация комплексного показателя осуществляется закрашиванием территориальных единиц определенным цветом в зависимости от значения комплексного показателя.

### Заключение

В статье описан разработанный программный комплекс оценки антропогенной нагрузки на территориальные образования, математической основой которого является метод конечных предикатов, позволяющий учесть загрязнение атмосферы, водных ресурсов, почвенного покрова различными веществами и из различных источников. Разработанный программный комплекс осуществляет обработку данных, расчет комплексного показателя и визуализацию уровня комфортности проживания. Предлагаемый программный комплекс будет способствовать открытому доступу к экологической информации. Также данный программный комплекс при эксплуатации его государственными органами будет способствовать сбору и распространению экологической информации, постепенному увеличению ее объема в электронных базах данных, являющихся легкодоступными для общественности через публичные сети связи, что предусмотрено международными соглашениями в области охраны окружающей среды.

### Список литературы

1. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2016 год. Минск: Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017.
2. Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=67](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=67) (дата обращения: 23.01.2017).
3. Экологические показатели и основанные на них оценочные доклады: Восточная Европа, Кавказ и Центральная Азия / 6-я конф. министров «Окружающая среда для Европы». Белград, Сербия, 10–12 октября 2007 г. Белград, 2007. 122 с.
4. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве.
5. Ивченко Г.И., Медведев И.Ю. Введение в математическую статистику. М.: ЛКИ, 2010. 600 с.
6. Волкодаева М.В., Полуэктова М.М. К вопросу о расчетах загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта // Экологический мониторинг и нормирование. 2008. № 3. С. 103–109.
7. Зайнуллин Х.Н. Снижение техногенного воздействия на водные объекты путем обезвреживания и утилизации промышленных и бытовых отходов. Екатеринбург, 2000. 45 с.
8. Лис Л.С. Экологическое состояние территории: методология, система оценки природно-экологического потенциала // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Серия В. 2006. № 9. С. 136–144.
9. Лис Л.С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов. Минск, 2004. 109 с.
10. Курс высшей математики. Ч. 4 [Электронный ресурс]. – URL: <http://alexlarin.net/kvm4.html> (дата обращения: 23.01.2017).
11. Панков А.Р., Платонов Е.Н. Практикум по математической статистике. М.: МАИ, 2006. 88 с.

### References

1. Nacional'naja sistema monitoringa okruzhajushhej sredy v Respublike Belarus': rezul'taty nabljudenij, 2016 god. Minsk: Resp. centr po gidrometeorologii, kontrolju radioaktivnogo zagrjaznenija i monitoringu okruzhajushhej sredy, 2017. (in Russ.)

2. Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция) [Electronic resource]. – URL: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=67](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=67) (access date: 23.01.2017). (in Russ.)
3. Jekologicheskie pokazateli i osnovannye na nih ocenochnye doklady: Vostochnaja Evropa, Kavkaz i Central'naja Azija / 6-ja konf. ministrov «Okruzhajushhaja sreda dlja Evropy». Belgrad, Serbija, 10–12 oktjabrja 2007 g. Belgrad, 2007. 122 s. (in Russ.)
4. Gigienicheskie normativy 2.1.7.12-1-2004. Perechen' predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno dopustimyh koncentracij (ODK) himicheskix veshhestv v pochve. (in Russ.)
5. Ivchenko G.I., Medvedev I.Ju. Vvedenie v matematicheskiju statistiku. M.: LKI, 2010. 600 s. (in Russ.)
6. Volkodaeva M.V., Polujektova M.M. K voprosu o raschetah zagriznenija atmosfernogo vozduha vybrosami avtotransporta // Jekologicheskij monitoring i normirovanie. 2008. № 3. S. 103–109. (in Russ.)
7. Zajnullin H.N. Snizhenie tehnogenogo vozdejstvija na vodnye objekty putem obezvrezhivanija i utilizacii promyshlennyh i bytovykh othodov. Ekaterinburg, 2000. 45 s. (in Russ.)
8. Lis L.S. Jekologicheskoe sostojanie territorii: metodologija, sistema ocenki prirodno-jekologicheskogo potenciala // Vestn. Polockogo gos. un-ta. Serija V. 2006. № 9. S. 136–144. (in Russ.)
9. Lis L.S. Ocenka jekologicheskogo sostojanija prirodno-territorial'nyh kompleksov. Minsk, 2004. 109 s. (in Russ.)
10. Kurs vysshej matematiki. Ch. 4 [Electronic resource]. – URL: <http://alexlarin.net/kvm4.html> (access date: 23.01.2017). (in Russ.)
11. Pankov A.R., Platonov E.N. Praktikum po matematicheskoj statistike. M.: MAI, 2006. 88 s. (in Russ.)

#### **Сведения об авторах**

Бакунова О.М., старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий Института информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Образцова О.Н., к.т.н., доцент, доцент кафедры микропроцессорных систем и сетей Института информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

#### **Адрес для корреспонденции**

220037, Республика Беларусь,  
Минск, ул. Козлова, 28,  
Институт информационных технологий  
Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники  
тел. +375-17-294-57-60;  
e-mail: jeunesse@inbox.ru  
Бакунова Оксана Михайловна

#### **Information about the authors**

Bakunova O.M., senior lecturer of information systems and technologies department of Information technologies institute of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Abraztsova V.M., PhD, associate professor, associate professor of information systems and technologies department of Information technologies institute of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

#### **Address for correspondence**

220037, Republic of Belarus,  
Minsk, Kozlova st., 28,  
Information technologies institute  
of Belarusian state university  
of informatics and radioelectronics  
tel. +375-17-294-57-60;  
e-mail: jeunesse@inbox.ru  
Bakunova Oksana Mihailovna