

УДК 504.064

DOI: 10.22213/2410-9304-2019-2-100-104

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*И. М. Янников*, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия  
*М. В. Телегина*, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия  
*М. В. Шабардин*, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*В статье описан процесс обработки результатов мониторинга загрязненных территорий с применением геоинформационных систем. В связи с тем что полученные в ходе многолетних наблюдений на территориях бывших объектов по уничтожению химического оружия данные не дают целостной характеристики экологического состояния территории, процесс их обработки трудоемок, требует повышенного набора знаний эксперта и больших временных затрат, предлагается методика оценки остроты экологических ситуаций путем разработки экологических карт. Работа ведется при помощи геоинформационной системы MapInfo.*

*В статье подробно описаны этапы процесса разработки и тестирования методики оценки остроты экологических ситуаций, представлены разработанные контекстные диаграммы, пример карты распространения загрязняющих веществ. Результатом являются созданные наборы карт экологических проблем территорий зон влияния бывших объектов по уничтожению химического оружия. Для каждой экологической ситуации на выходе имеются по три карты: карта с обозначением загрязняющих веществ, карта экологической ситуации в баллах и карта, обозначающая класс экологической ситуации.*

*Проведенное на реальных и смоделированных данных тестирование подтвердило работоспособность методики.*

*Данная автоматизированная методика учитывает химические вещества и их показатели, определяет ареал распространения загрязнений, позволяет оценить ситуацию в балльной системе, определять класс экологической ситуации, а также дополнять базу данных новыми данными экологического мониторинга.*

**Ключевые слова:** экологические карты, экологические ситуации геоинформационные системы, химическое оружие.

### Введение

Мониторинговые наблюдения, проводившиеся на протяжении длительного времени на территориях бывших объектов по уничтожению химического оружия, позволили собрать большой объем данных о состоянии атмосферного воздуха, почвы, воды и т. д. Полученные разрозненные данные не дают целостной характеристики экологического состояния территории. Кроме того, процесс их обработки достаточно трудоемок, требует повышенного набора знаний эксперта и больших временных затрат, что априори предопределяет применение средств автоматизации [1–3].

Вышеуказанную проблему можно решить на основе геоинформационных систем (ГИС) путем создания экологических карт. Однако в задачах оценки состояния экологических ситуаций с применением ГИС по сей день остается много нерешенных вопросов, в числе которых и отсутствие методики автоматизированной оценки ситуации.

### Предлагаемое решение

Предлагается методика автоматизированной балльной системы оценки остроты экологических ситуаций на территории бывших объектов по уничтожению химического оружия. С целью автоматизации использованы возможности геоинформационных систем (ГИС), что позволяет

автоматизировать визуализацию, анализ загрязненных областей по определенным химическим элементам, содержащимся в почве, а также автоматизировать процесс оценки экологической ситуации путем совмещения (оверлея) экологических карт. Данный процесс позволяет сократить время работы, повысить точность оценки и избежать ошибок при создании таких карт в ручном режиме.

### Этапы реализации методики оценки ситуации

На первом этапе оценки остроты экологических ситуаций собирается входная информация. Исходными данными являются:

- отчеты государственного экологического мониторинга, в которых должны содержаться результаты атмосферного воздуха, почвы, воды и т. д., а также координаты забора проб;
- документы, регламентирующие остроту экологической ситуации;
- документы, устанавливающие ПДК.

Работа ведется при помощи ГИС MapInfo, которая предназначена для сбора, хранения, воспроизведения, редактирования и анализа пространственных данных.

На этом же этапе (рис. 1) анализируются действующие методики создания карт экологических ситуаций, проводится обоснование выбора применяемых процедур.



Рис. 1. Контекстная диаграмма очередности выполнения функций для решения задачи

Более точной к количественным методам оценки является балльная система оценки, согласно которой все показатели, оказывающие влияние на формирование экологической ситуации, оцениваются в баллах по шкале, состоящей, как правило, из трех – пяти градаций. При всех ее минусах она в ряде случаев является единственным способом оценки экологических ситуаций территорий [4].

При анализе работ экспертов определяются диапазоны экологических ситуаций [5, 6]. Выделенные ареалы экологических проблем на карте разделяются на 6 категорий по остроте

ситуаций: условно удовлетворительная; конфликтная; напряженная; критическая; кризисная; катастрофическая. Каждой категории экологической ситуации на карте соответствует цветовой фон.

На втором этапе (рис. 2) разрабатываются карты экологических проблем. На картографической основе регистрируются точки с координатами отбора проб химических веществ.

Далее на соответствующие точки наносятся фоновые показатели загрязняющих веществ при помощи функции «геокодирование».

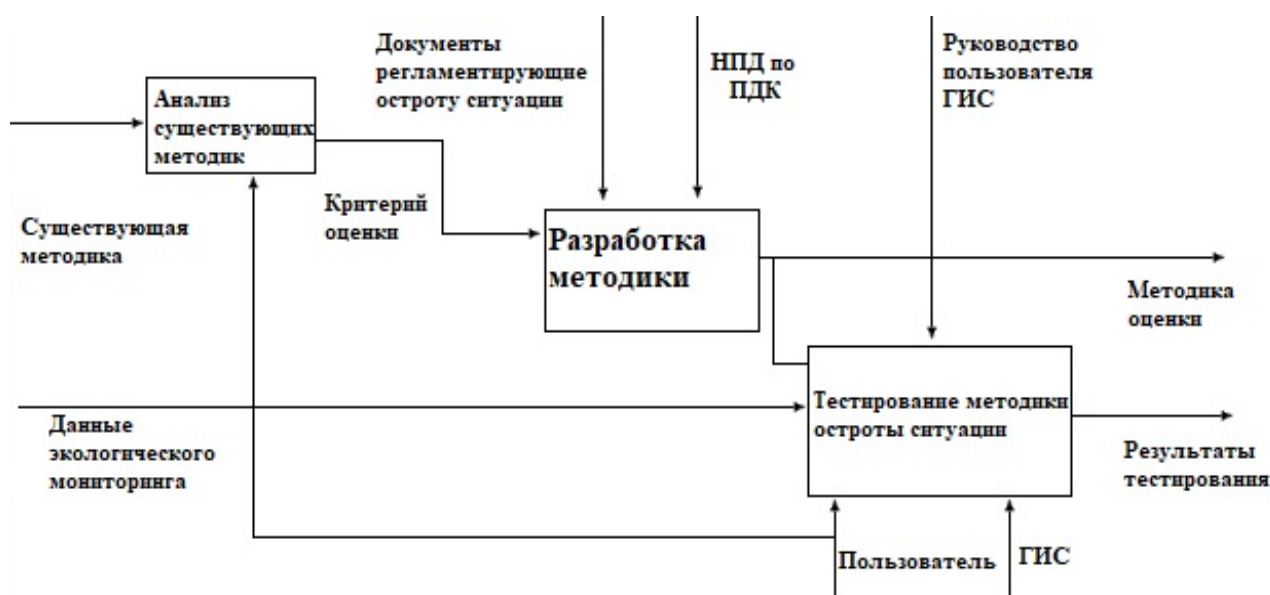


Рис. 2. Контекстная диаграмма создания карт экологических ситуации и их оценка

Данная функция позволяет найти на карте (в автоматическом режиме) координаты отбора проб, соответствующих данным экологического мониторинга. Для ОУХО наблюдение проводилось по 19 веществам: зарин, кислота метилфосфоновая, фосфор, моноэтаноламин, мышьяк, водородный показатель, хром, хлорид, стронций, свинец, цинк, медь, никель, кобальт, железа оксид, марганца оксид, ванадий, титана оксид [7–11].

В последующем создается интерполированная поверхность территории, для чего параметры загрязняющих веществ разделяются по шкале на градации. Численный интервал фоновых показателей (например, от 1 до 20 мг/кг) делит-

ся на разное количество градаций (например, на 3, 5, 7 и т. д.). Шкала может быть равномерной или неравномерной. В результате возводится область распространения загрязняющих веществ по степени остроты с учетом установленных интервалов. Каждая область задается цветом. Пример показан на рис. 3.

На третьем этапе строится карта экологического состояния объекта. После создания поверхности цифруются наиболее загрязненные территории по всем загрязняющим веществам, которые необходимо воспроизвести на карте. Территории пересекающихся полигонов цифруются в один слой, образуя экологическую ситуацию.

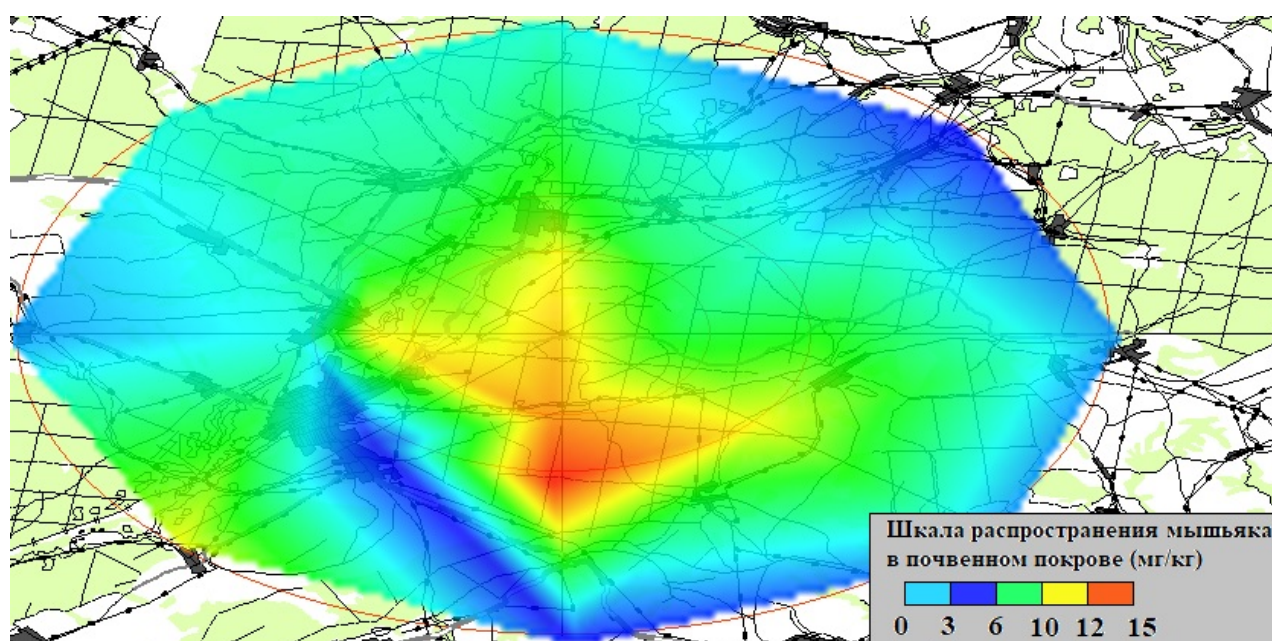


Рис. 3. Карта распространения мышьяка в почвенном покрове на территории пос. Кизнер

Далее для определения классов экологических ситуаций в баллах сочетания показателей веществ суммируются с применением коэффициента, устанавливаемого нормативными документами для разных категорий земель [12]. Расчет класса экологической ситуации производится по разработанным на основании знаний экспертов и литературы правилам. Входными данными для определения класса являются наборы элементов, определяющие экологическую обстановку какой-либо территории. Это могут быть территории с превышением уровня предельной допустимых концентраций загрязняющего вещества в определенное количество раз, или степень проявления той или иной проблемы.

Результатом работы являются наборы экологических карт зон влияния бывших объектов по уничтожению химического оружия.

Каждая экологическая ситуация содержит по 3 карты:

- карта распространения загрязняющих веществ;
- карта оценки экологической ситуации в балльной системе;
- карта класса экологической ситуации.

#### **Тестирование разработанной методики на территории ОУХО**

Тестирование методики осуществлялось по данным отчетов государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий бывших объектов

по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер и г. Камбарке.

Положения данной методики использованы в автоматизированной системе классификации экологических ситуаций на основе анализа состояний экологических объектов в пределах определенной территории [13].

Были построены карты отдельных экологических проблем территории, представляющих собой распространение загрязнения отдельными химическими веществами почвы зоны влияния объекта. Далее производилось топологическое наложение слоев. На основании разработанных авторами правил ситуация оценена как условно удовлетворительная.

Для проверки работоспособности методики было смоделировано с помощью ГИС распределение загрязняющих веществ в почве с превышением предельно допустимых концентраций. На смоделированных данных работоспособность методики подтвердилась.

#### Заключение

Разработанная автоматизированная методика позволяет:

- учитывать химические вещества, содержащиеся в воздухе и почве, и их предельно допустимые показатели;
- определять ареал распространения экологических проблем;
- оценить ситуацию по совокупности экологических проблем в балльной системе;
- определить класс экологической ситуации по правилам оценки, разработанным на основе знаний экспертов и литературы;
- имеет возможность дополнять базу данных новыми данными экологического мониторинга.

Данная методика с применением ГИС, технологий пространственного анализа и правил может быть использована для оценки ситуаций для любых территорий, имеющей экологические проблемы.

#### Библиографические ссылки

1. Телегина М. В., Янников И. М., Габричидзе Т. Г. Методы и алгоритмы воздействия потенциально опасных объектов на окружающую среду. Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2011. 152 с.
2. Янников И. М., Латыпова И. А., Телегина М. В. Применение ГИС-технологий в области анализа риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера территорий // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 2 (29). С. 81–85.
3. Пашкеев Е. А., Янников И. М. Проблемы анализа загрязненности территорий // Математические модели и информационные технологии в организации производства. 2016. № 1 (32). С. 92–93.

4. Стурман В. И. Экологическое картографирование : учеб. пособие. М. : Аспект Пресс, 2003. 251 с.

5. Шестаков А. С. Принципы классификаций эколого-географических ситуаций // Изв. Русс. геогр. общ-ва. 1992. Вып. 3. С. 124–135.

6. Водяницкий Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872–881.

7. Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики в 2012 г. : отчет, 2012. 288 с.

8. Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики в 2013 г. : отчет, 2013. 319 с.

9. Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в пос. Кизнер Удмуртской Республики в 2017 г. : отчет, 2017. 167 с.

10. Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики в 2012 г. : отчет, 2012. 170 с.

11. Обеспечение проведения государственного экологического мониторинга в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарке Удмуртской Республики в 2013 г. : отчет, 2013. 191 с.

12. СанПиН 2466-87. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М., 1987.

13. Караваев Н. А., Телегина М. В., Янников И. М. Автоматизированная система классификации экологических ситуаций на основе анализа состояний экологических объектов в пределах определенной территории : Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2015660250 от 25.09.2015.

#### References

1. Telegina M.V., Yannikov I.M., Gabrichidze T.G. *Metody i algoritmy vozdeistviya potentsial'no opasnykh ob"ektov na okruzhayushchuyu sredu* [Methods and algorithms for the impact of potentially hazardous objects on the environment]. Samara, Publishing house of the SamSC of RAS, 2011. 152 p. (in Russ.).
2. Yannikov I.M., Latypova I.A., Telegina M.V. [Application of GIS-technologies in the field of risk analysis of emergency situations of natural and man-made nature of territories]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2016. No. 2, pp. 81-85 (in Russ.).
3. Pashkeev E.A., Yannikov I.M. [Problems of analysis of contaminated areas]. *Matematicheskie modeli i informatsionnye tekhnologii v organizatsii proizvodstva*. 2016, no. 1, pp. 92-93 (in Russ.).

4. Sturman V.I. *Ekologicheskoe kartografirovanie* [Ecological mapping: study guide]. Moscow, Aspect Press, 2003. 251 p. (in Russ.).

5. Shestakov A.S. [Principles of classifications of ecological-geographical situations]. *Izv. Russ. geogr. obshch-va.* 1992. Vol. 3. Pp. 124-135 (in Russ.).

6. Yu.N. Vodyanitsky. [Soil pollution with heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review)]. *Pochvovedenie.* 2013, no. 7, pp. 872-881 (in Russ.).

7. *Obespechenie provedeniya gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa v sanitarno-zashchitnoi zone i zone zashchitnykh meropriyatii ob"ekta po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v pos. Kizner Udmurtskoi Respubliki v 2012 g.* [Ensuring the state environmental monitoring in the sanitary protection zone and the zone of protective measures of the facility for the destruction of chemical weapons in the village of Kizner of the Udmurt Republic in 2012]. Report, 2012. 288 p. (in Russ.).

8. *Obespechenie provedeniya gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa v sanitarno-zashchitnoi zone i zone zashchitnykh meropriyatii ob"ekta po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v pos. Kizner Udmurtskoi Respubliki v 2013 g.* [Ensuring the conduct of state environmental monitoring in the sanitary protection zone and the zone of protective measures of the facility for the destruction of chemical weapons in Kizner, Udmurt Republic in 2013]. Report, 2013. 319 p. (in Russ.).

9. *Obespechenie provedeniya gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa v sanitarno-zashchitnoi zone i zone zashchitnykh meropriyatii ob"ekta po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v pos. Kizner Udmurtskoi Respubliki v 2017 g.* [Ensuring the conduct of state environmental monitoring in the sanitary protection zone and the zone of protective measures of the facility for the destruction of chemical weapons in

the village of Kizner of the Udmurt Republic in 2017]. Report, 2017. 167 p. (in Russ.).

10. *Obespechenie provedeniya gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa v sanitarno-zashchitnoi zone i zone zashchitnykh meropriyatii ob"ekta po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v g. Kambarka Udmurtskoi Respubliki v 2012 g.* Ensuring the conduct of state environmental monitoring in the sanitary protection zone and the zone of protective measures of the facility for the destruction of chemical weapons in the city of Kambark, Udmurt Republic in 2012: Report, 2012. 170 p. (in Russ.).

11. *Obespechenie provedeniya gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa v sanitarno-zashchitnoi zone i zone zashchitnykh meropriyatii ob"ekta po unichtozheniyu khimicheskogo oruzhiya v g. Kambarke Udmurtskoi Respubliki v 2013 g.* [Ensuring the state environmental monitoring in the sanitary protection zone and the zone of protective measures of the facility for the destruction of chemical weapons in the city of Kambark of the Udmurt Republic in 2013]. Report, 2013. 191 p. (in Russ.).

12. SanPiN 2466-87. *Metodicheskie ukazaniya po otsenke stepeni opasnosti zagryazneniya pochvy khimicheskimi veshchestvami* [SanPiN 2466-87 Guidelines for assessing the degree of danger of soil contamination by chemicals]. Moscow, 1987 (in Russ.).

13. Karavaev N. A., Telegina M.V., Yannikov I.M. *Avtomatizirovannaya sistema klassifikatsii ekologicheskikh situatsii na osnove analiza sostoyanii ekologicheskikh ob"ektov v predelakh opredelennoi territorii* [Automated system of classification of environmental situations based on the analysis of the state of ecological objects within a certain territory]. Certificate of registration of computer programs No. 2015660250 from 09/25/2015.

\*\*\*

#### Assessment of the Ecological Situation of Polluted Territories

I. M. Yannikov, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

M. V. Telegina, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

M. V. Shabardin, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU

*The paper describes the process of processing the results of monitoring of contaminated areas using geographic information systems. Due to the fact that the data obtained during many years of observation in the territories of the former chemical weapons destruction facilities do not provide a holistic description of the ecological condition of the territory, the process of processing them is laborious, requiring an increased set of expert knowledge and time consuming, a method for assessing the severity of environmental situations is proposed by developing ecological maps. The work is carried out using the MapInfo geographic information system.*

*The paper describes in detail the stages of the development and testing of methods for assessing the severity of environmental situations, presents the developed context diagrams, an example of the distribution map of pollutants. The result is the created sets of maps of environmental problems of territories of zones of influence of former chemical weapons destruction facilities. For each environmental situation, there are three maps at the output: a map with the designation of pollutants, an environmental situation map in points and a map indicating the environmental situation class.*

*The testing performed with real and simulated data confirmed the efficiency of the technique.*

*This automated technique takes into account chemicals and their indicators, determines the distribution area of pollutants, allows to assess the situation in the point system, determine the class of the environmental situation, and supplement the database with new environmental monitoring data.*

**Keywords:** ecological maps, ecological situations, geographic information systems, chemical weapons.