

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫМ ГОРОДОМ»**

*Дмитрий Викторович Ковалев*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, тел. (923)152-14-74, e-mail: dimka-kowalyow.mail.ru@yandex.ru

*Екатерина Николаевна Кулик*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (913)926-82-57, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

В статье рассмотрено понятие «умного города», дана концептуальная схема интеллектуальной системы управления экологией города, представлены полезные возможности геоинформационных систем при решении задач мониторинга окружающей среды.

**Ключевые слова:** ГИС-технологии, мониторинг окружающей среды, элементы «умного города», система мониторинга экологического состояния.

## **THE SOLUTION OF ENVIRONMENTAL MONITORING BASED ON THE INTEGRATION OF GIS TECHNOLOGY IN MANAGEMENT SYSTEM «SMART CITY»**

*Dmitry V. Kovalev*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (923)152-14-74, e-mail: dimka-kowalyow.mail.ru@yandex.ru

*Ekaterina N. Kulik*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (913)926-82-57, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

The article deals with the concept of a smart city, a conceptual scheme of the advanced system of environmental management of the city is given, features of geographic information systems in solving problems of environmental monitoring are presented.

**Key words:** GIS technologies, environmental monitoring, elements of the "Smart City", environmental monitoring system.

### ***Введение***

Концепция «умного города» сформировалась под влиянием ряда факторов. Согласно прогнозу ООН, к 2030 г. в городах будет жить более восьмидесяти процентов населения Земли. Это повлечет за собой дефицит различных ресурсов, возрастет количество твердых бытовых отходов и общее загрязнение окружающей среды, обострятся прочие социальные и экономические проблемы

[1]. Высокие требования к качеству и благоустройству городской среды будут поддерживаться за счет комплекса технических решений и организационных мероприятий, направленных на совершенствование условий проживания населения в зависимости от целей территориального планирования.

В 1992 г. ООН организовала конференцию в Рио-де-Жанейро, в которой участвовали руководители 150 стран (т. е. почти всех стран мира). Конференция провозгласила необходимость перехода к «устойчивому развитию», лозунгом которого являлась фраза: «Оставим нашим детям не меньше того, что мы получили от предыдущего поколения» [2].

Под «умным городом» мы будем понимать устойчивое развитие городских агломераций, предпосылкой которого является постоянный мониторинг основных объектов инфраструктуры с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

В качестве таких технологий могут быть использованы геоинформационные системы (ГИС), построенные на принципе интеграции пространственно-временных данных.

Архитектура «умного города» должна включать ряд элементов, которые обеспечат плавный переход к эффективному управлению городской средой. К ним можно отнести: качество управления городскими ресурсами, качество услуг и вовлеченность граждан в процессы управления городами, экологическую и безопасную среду, инновационную инфраструктуру и систему координации и контроля эффективности работы систем «умного города».

На рисунке представлена концептуальная схема интеллектуальной системы управления «умным городом» на основе ИКТ.



Схема интеллектуальной системы управления «умным городом» на основе ИКТ [10]

Актуальной задачей, которая решается за счет функционирования рассматриваемой интеллектуальной системы, является мониторинг окружающей среды города.

Цель исследования – анализ реализованных прикладных решений, построенных на основе геоинформационных технологий. Конкретные проекты мониторинга среды мегаполиса оценивались на предмет функциональности, гибкости, адаптации под разные тематические задачи.

### *Методы и методика*

Одним из ключевых элементов в управлении «умным городом» является обеспечение экологической безопасности, который должен базироваться на реализации эффективных мониторинговых процессов.

Технология мониторинга экологического состояния подразумевает выполнение следующих этапов:

- измерение показателей мониторинга;
- сбор сведений и консолидация данных;
- обработка результатов измерений при помощи методов интерполяции и экстраполяции данных;
- оценка текущего состояния показателей мониторинга;
- выявление территорий города, где превышены фоновые значения ПДК;
- сопоставление критических проявлений процессов, явлений или событий с другими показателями мониторинга;
- выявление закономерностей в развитии процессов или явлений;
- составление прогнозов изменения обстановки;
- формирование отчетов и аналитических записок.

ГИС позволяют вести учет численности, структуры и распределения населения на исследуемой территории при качественном объединении геоморфологических, климатических, гидрологических и биологических элементов на определенных участках земной поверхности. Самыми доступными на сегодняшний день являются открытые ГИС, функционал которых адаптируется под требования конечного пользователя.

Наиболее распространенной российской коммерческой платформой является ГИС «Карта 2011». В табл. 1 представлены средства реализации технологии мониторинга окружающей среды посредством данной ГИС. Система позволяет реализовать механизм подключения внешних геопорталов с автоматическим накоплением в кэше просматриваемых слоев данных. При отсутствии связи с Интернет программа может использовать кэшированные данные для формирования гибридных изображений карт.

Также в данной системе возможно реализовать интеграцию данных в различных региональных и местных системах координат, в том числе на фоне подключенных внешних геопорталов. Программа может обеспечивать построение интерполяционных и прогнозных моделей распределения экологических показателей.

Решения прикладных задач мониторинга окружающей среды  
в ГИС «Карта 2011»

Прикладная задача	Решение прикладной задачи
Загрузка координат из текстовых файлов	Текстовые файлы с координатами точек для размещения на выходную карту
Подключение GPS-приемника	Настройка связи с приемником, отображение условного расположения спутников на небесной сфере, работа с координатами точки
Система управления базами данных	Создание таблиц, ввод и редактирование сведений в полях стандартной или настраиваемой пользователем формы, а также различные режимы по обновлению карты данными из таблиц базы данных
Построение изолиний по точечным объектам	Построение линий равных значений характеристики по набору пикетных точек
Создание матрицы характеристик качества	Для построения матрицы используются методы средне-взвешенной, логарифмической и линейной интерполяции по сетке треугольников
Построение зон соответствия по вычислениям	Операции с матричными данными различного типа (матрицы высот, слоев, и т. п.); отображение полученных результатов в графическом виде на карте
Построение графиков и диаграмм	Наличие двух и более характеристик для построения графиков
Мультипликация данных	Выполнение циклических измерений

Для интерполяционных моделей желательно формировать матрицы и карты изолиний в тех местах, которые обеспечены надежными данными, а для прогнозных – в пределах всей анализируемой территории.

Матрицы характеристик экологического состояния отдельных компонентов окружающей среды могут быть использованы для дальнейшего анализа и оценки уровня загрязнений. Например, при химическом загрязнении почв рассчитывается суммарный показатель загрязнений по формуле

$$Z_c = K_{ci} + \dots + K_{cn-(n-1)}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество учитываемых химических элементов;

$K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения, превышающий единицу.

Коэффициент концентрации ( $K_C$ ) рассчитывается по формуле

$$K_C = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}}, \quad (2)$$

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента;

$C_{\text{фон}}$  – геохимический фон.

Отнесение загрязнения почвы к определенному типу загрязнений можно выполнить на основании данных табл. 2.

Таблица 2

Оценочная шкала уровней химического загрязнения почв и грунтов тяжелыми металлами и мышьяком по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ )

Категория загрязнения почв	Коэффициент $Z_c$
Допустимая	менее 16
Умеренно опасная	16–32
Опасная	32–128
Чрезвычайно опасная	более 128

Всемирная организация здравоохранения самым опасным считает заражение почв свинцом, ртутью и кадмием. Но не менее вредна и высокая концентрация остальных элементов.

ГИС-инструментарий позволяет гибко оперировать матричными преобразованиями: формируются матрицы характеристик для каждого компонента загрязнения, затем рассчитываются матрицы  $K_{ci}$  для каждого компонента и на последнем этапе вычисляется оценочная матрица суммарного показателя загрязнения  $Z_c$ .

### **Результаты**

Анализ опыта использования ГИС «Карта 2011» [3, 4] для многолетнего исследования интенсивности загрязнения городской среды в пределах города Новосибирска и его окрестностей доказал состоятельность и эффективность применения геоинформационных технологий при решении задач экологического мониторинга. ГИС-средства позволили рассчитать коэффициенты суммарных показателей загрязнений и оценить основные источники интенсивного загрязнения тяжелыми металлами, а также проанализировать динамику изменения показателей загрязнения в составе почв, растительности и снежного покрова.

### **Заключение**

При проектировании интеллектуальной системы «умного города» важно интегрировать в нее экологический мониторинг. Ее сложность будет зависеть от уровня детализации данной системы, объемов документации и выделяемых ресурсов в соответствии с размерами города. Интеграция экологических аспектов с общей системой административного управления может внести свой вклад

в эффективное осуществление мониторинга окружающей среды, а также повысить надежность прогнозов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игнатов В. Г., Кокин А. В. Экология и экономика природопользования. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 512 с.
2. Chapman J. L., Reiss M. J. Ecology. – 2nd Edition. – Cambridge University Press. – 2009. – 336 с.
3. Артамонова С. Ю., Рапута В. Ф., Колмогоров Ю. П. Техногенное загрязнение почв и растительного покрова в районе оловокомбината (г. Новосибирск) // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск : СГГА, 2005. Т. 5. – С. 106–110.
4. Артамонова С. Ю. Экология городов: анализ и оценка с помощью РФА-СИ на примере Новосибирска // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2011. – № 11. – С. 66–71.
5. Васильева О. А., Кулик Е. Н. Анализ динамики естественной и лесопарковой растительности по данным дистанционного зондирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 121–126.
6. Владимиров Д. Г., Воротников А. М., Ипатова Н. С., Тарасов Б. А. Управление отходами «умного города» с помощью технологических интеллектуальных систем // Журнал исследований по управлению. Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами. – 2018. – Т.4. – № 9. – С. 86–91.
7. Дубинин М. Ю., Рыков Д. А. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации. // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2009. – № 5 (72). – С. 20–27.
8. КБ «Панорама»: официальный сайт [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gisinfo.ru>. (дата обращения: 24.03.2019)
9. Краев Д. А. Экологический мониторинг и использование Web-ГИС технологий // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 196–198.
10. Кучикина И. С., Кулик Е. Н. Автоматизированное выявление границ лесотаксационных выделов по материалам космической съемки и цифровой модели рельефа // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 114–120.
11. Мыльников Д. Ю. Геоинформационные платформы. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.politerm.com/articles/obzor\\_gis.pdf](https://www.politerm.com/articles/obzor_gis.pdf). (дата обращения: 24.03.2019).
12. Интеграция геопространственных данных на основе трехмерного моделирования для экологической оценки городских территорий / Л. К. Трубина, Т. А. Хлебникова, О. Н. Николаева, Е. Н. Кулик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 83–85.

© Д. В. Ковалев, Е. Н. Кулик, 2019