

С. С. ДЫШЛЮК, О. Н. НИКОЛАЕВА, Л. А. РОМАШОВА

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, ул. Плахотного, 10, Новосибирск, 630108, Россия, ss9573@yandex.ru, onixx76@mail.ru, romashova.lara@yandex.ru

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МУНИЦИПАЛЬНОГО УРОВНЯ

Рассматривается роль экологической информации в условиях формирования муниципальной инфраструктуры пространственных данных. Показаны возможности использования экологических геопрограммных данных в муниципальном управлении. Разработана серия цифровых экологических карт Новосибирска, которая может применяться для управления экологической ситуацией. В качестве инструмента для представления экологической информации в инфраструктуре пространственных данных рекомендовано использовать картографические модели экологической ситуации. Эти модели дают возможность как визуализировать современное состояние окружающей среды, так и осуществлять экологическое прогнозирование и представлять его результаты. Проведенные исследования позволили обосновать перечень экологических данных, необходимых для характеристики состояния окружающей среды в пределах крупного промышленного центра, а также методику визуализации и моделирования собранных данных с использованием картографического метода исследования и приемов геоинформационного картографирования.

Ключевые слова: инфраструктура пространственных данных, картографический метод исследования, картографическое моделирование, экологическая обстановка, экологическое прогнозирование.

S. S. DYSHLYUK, O. N. NIKOLAEVA, L. A. ROMASHOVA

Siberian State University of Geosystems and Technologies, ul. Plachotnogo 10, Novosibirsk, 630108, Russia, ss9573@yandex.ru, onixx76@mail.ru, romashova.lara@yandex.ru

CARTOGRAPHIC MODELS OF ECOLOGICAL SITUATIONS IN THE MUNICIPAL-LEVEL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

We examine the role of ecological information for the conditions of generation of the municipal spatial data infrastructure. The possibilities of using ecological geospatial data in municipal management are shown. We developed a series of digital ecological maps of Novosibirsk which can be used in managing the ecological situation. It is suggested that cartographic models of the ecological situation should be used as the tool for presentation of ecological information in the spatial data infrastructure. These models offer a means of visualizing the current status of the environment as well as making ecological forecasts and presenting their results. Our investigations permitted out to substantiate the list of ecological data which are required to characterize the state of environment within a large industrial center as well as the visualization and modeling technique for data collected by using the cartographic method of investigation and geoinformation mapping procedures.

Keywords: spatial data infrastructure, cartographic method of investigation, cartographic modeling, ecological situation, ecological forecasting.

ВВЕДЕНИЕ

Важность качественных и надежных пространственных данных при решении задач планирования и управления территориями для всех направлений экономики и сфер социальной жизни не вызывает сомнений [1]. В настоящее время в стране накоплены и используются большие объемы цифровых пространственных данных различной тематики, масштаба и пространственного разрешения. В условиях постоянного роста объемов данных возникает проблема систематизации геоинформационных ресурсов, связанная с обеспечением доступности пространственных данных, информированием пользователей об их существовании, возможностью поиска сведений нужной тематики для определенной территории и предоставления данных и их интеграции. Эта проблема решается путем создания инфраструктуры пространственных данных (ИПД) — систем базовых пространственных данных, мета-

данных, географических информационных узлов и стандартов для обеспечения доступа и обмена географическими информационными ресурсами [2].

Наиболее перспективные направления внедрения ИПД в науки о Земле — комплексные физико-географические исследования (стационарные и полустационарные), изучение особо охраняемых природных территорий и эталонных участков экологического мониторинга.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На стадии проектирования ИПД Российской Федерации предусматривается включение в информационную основу данных не только общегеографических, но и тематического характера [3]. Аналогично Директива 2007/2/ЕС Европейского парламента и Совета Европы от 14 марта 2007 г. по созданию инфраструктуры пространственной информации ЕС (INSPIRE) [4] включает сведения по таким тематическим разделам, как биогеографическое разнообразие, энергетические и минеральные ресурсы, места обитания и биотопы, здравоохранение и безопасность среды обитания и др., которые традиционно являются объектом картографирования при создании карт природных условий, ресурсов и экологической обстановки.

Очевидно, что анализ информации о состоянии и качестве окружающей среды и ее отдельных компонентов во взаимосвязи с геоданными об административной, социальной и экономической структуре региона обеспечит эффективное решение целого ряда задач в сфере устойчивого управления территорией, охраны природы и здоровья населения.

В России введение баз тематических данных в состав ИПД тем более актуально, что на территории большинства регионов высокая антропогенная нагрузка сочетается с неблагоприятной социально-экономической ситуацией, и это создает реальную угрозу устойчивому ведению природопользования и качеству среды обитания населения. В связи с этим возникает необходимость получения точной и своевременной информации о показателях состояния окружающей среды и здоровья населения для принятия экстренных управленческих решений, разработки и коррекции систем профилактических и диагностических мероприятий [5].

Решить эти задачи позволяет реализация Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации [6], действующая в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р. Одна из основных задач Концепции — создание и интеграция государственных информационных ресурсов, содержащих пространственные данные Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, а также информационных ресурсов, содержащих данные муниципальных образований, на основе использования базовых пространственных данных и метаданных [6].

Неотъемлемая часть национальной ИПД — сведения об экологической обстановке на территории промышленных центров, поскольку они сосредотачивают в себе технологии и инвестиции, способствующие экономическому росту государства, и одновременно оказывают интенсивное и многостороннее негативное воздействие на окружающую среду [7].

Экологическая компонента ИПД позволит специалистам решать разнообразные задачи в сферах рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, охраны окружающей среды и здоровья населения. Поэтому для принятия взвешенных решений необходимо предусмотреть оптимальный инструмент анализа разнородных экологических данных [8, 9]. Этот инструмент должен основываться на принципиально новом подходе к структурам производства данных об окружающей среде, обеспеченном использованием компьютерных технологий [10]. Пригодность той или иной информационной технологии для формирования экологической компоненты ИПД должна оцениваться исходя из определенной системы критериев [11, 12].

Технологии геоинформационного картографирования являются оптимальными для решения вышечисленных задач. Средствами ГИС массивы экологических данных и базовая картографическая информация интегрируются в единое пространство, в котором осуществляется анализ данных с целью выявления критических значений техногенного воздействия на окружающую среду, моделирования перспективного развития ситуации и наглядного представления результатов анализа в виде картографических моделей.

Геоинформационные технологии позволяют получить результаты в кратчайшие сроки, что ускоряет принятие решений в условиях чрезвычайных ситуаций, связанных с самыми сложными объектами исследования (эко- и техногенными системами, населением) [13].

Тематическое картографирование предоставило специалистам, работающим в этих областях, мощный аналитический инструментарий, включающий в себя широкий спектр картографических моделей, выступающих как промежуточный или конечный результат исследовательской деятельности. Как отмечают некоторые авторы [14], картографические методы исследования имеют ряд преимуществ перед другими подходами к отображению и анализу различных геосистем. Они предполагают использование картографических моделей для научного и практического познания изображенных на них явлений.

Благодаря применению картографического метода становится возможным: установление качественных и количественных характеристик картографируемых объектов, явлений и процессов; исследование взаимосвязей между ними; изучение их динамики и эволюции во времени и пространстве; установление тенденций их развития и прогнозирование их перспективных состояний.

В территориальном охвате экологической компоненты ИПД в первую очередь необходимо обеспечить ее формирование для территорий крупных населенных пунктов и промышленных центров, в пределах которых окружающая среда испытывает постоянно усиливающееся антропогенное воздействие [15]. На этих территориях особую важность приобретают техногенные экологические факторы (источники и характер загрязнения, уровни загрязнения основных природных компонентов окружающей среды, особенности миграции ареалов загрязнения по территории и т. п.). В конечном счете экологическое состояние промышленного центра обуславливает как общую концепцию развития местной промышленности, так и множество частных вопросов в сфере ведения городского хозяйства (развитие либо сокращение отраслей промышленности, комфортность проживания населения, особенности рекреационного использования территории и пр.). Не менее важны вопросы охраны здоровья местного населения и обеспечения качества окружающей среды, соответствующего принятым экологическим и санитарным нормативам.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий имеет многолетний опыт в области создания картографических моделей экологической ситуации промышленных центров. С 2004 г. в лаборатории тематического картографирования университета ведутся научно-исследовательские работы по картографическому моделированию экологической обстановки Новосибирска. Этот город был выбран в качестве исследуемого района как типичный пример промышленного центра, экологическая обстановка которого осложняется «растянутой» планировкой города (что обуславливает распространение загрязнителей по обширной территории) и наличием природного экологического фактора, отрицательно влияющего на здоровье местных жителей (повышенное содержание радона в почвах, приводящее к переоблучению организма) [14].

Основной методологический принцип исследований, проводимых в лаборатории, заключается в структурировании и распределении экологических геоданных в соответствии с характером загрязняемого природного компонента и типом загрязнения. Логичность построения и внутреннее единство картографических моделей достигаются за счет использования системного подхода к проектированию всей серии картографических произведений, согласованности картографической основы, масштаба, компоновок, знаковых систем, принципов генерализации и оформления. На сегодняшний день созданы картографические модели следующих экологических факторов, действующих на территории Новосибирска [17]:

- общего загрязнения воздушного бассейна (охарактеризованы объем загрязняющих выбросов от стационарных источников и автомобильного транспорта, суммарный показатель состояния атмосферного воздуха на автомагистралях, районирование территории города по уровню пылевой нагрузки);
- загрязнения воздушного бассейна от стационарных источников (показаны площадки основных промышленных предприятий, класс опасности предприятий, объем и качественный состав загрязняющих выбросов от них);
- состояния водных объектов (показаны места и объемы сброса сточных вод предприятиями города, концентрация приоритетных загрязнителей и классы качества воды в городских реках);
- загрязнения почв (представлено зонирование территории города по уровню загрязнения почв тяжелыми металлами, показаны наиболее крупные геохимические техногенные аномалии, полигоны складирования бытовых и промышленных отходов);
- загрязнения снежного покрова (представлено зонирование территории по уровню концентрации тяжелых металлов в снежном покрове);
- радиационной ситуации, обусловленной природными факторами (показаны техногенные радиационные аномалии, участки техногенного радиационного загрязнения, источники ионизирующего излучения);

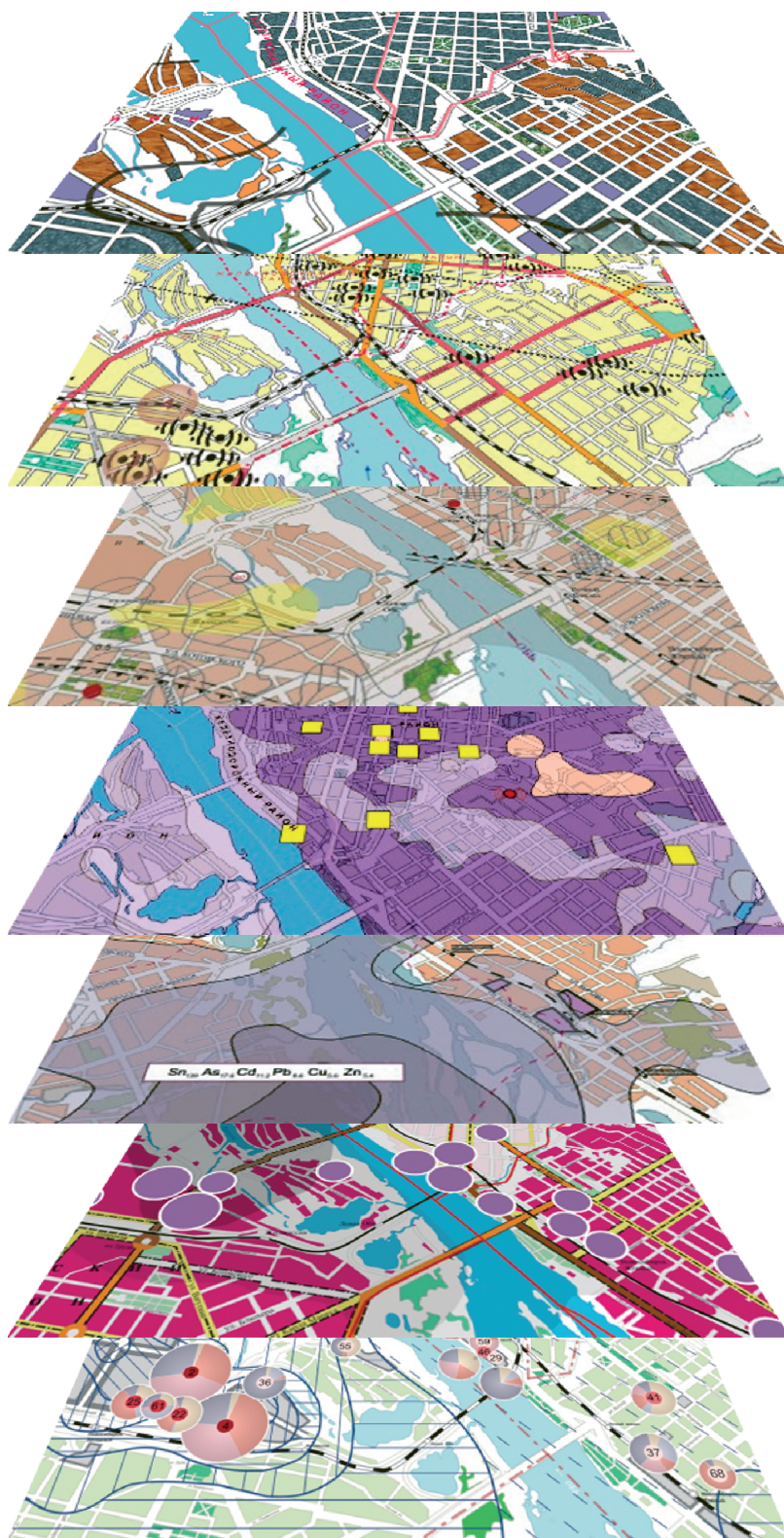


Рис. 1. Результаты картографического моделирования и визуализации экологических данных для территории Новосибирска.

– радиационной ситуации, обусловленной природными факторами (отображены зонирование территории города по уровню естественного радиационного фона, выявленные и предполагаемые зоны повышенного выделения радона, тектонические объекты, обуславливающие повышенный уровень природного радиационного фона);

– электромагнитного загрязнения (показаны базовые станции сотовой связи, выделены зоны влияния электромагнитного излучения от радиочастот, телецентра и аэропортов);

– шумового загрязнения (охарактеризовано шумовое загрязнение вдоль основных улиц города от автотранспорта и авиации);

– общего экологического риска территории и его взаимосвязей с градостроительной ситуацией (показаны селитебные зоны с градацией по этажности застройки и их принадлежность к различным зонам экологического риска для здоровья населения).

Созданные картографические модели оперируют как аналитическими, так и комплексными экологическими показателями. Информативность многих моделей расширена за счет применения диаграмм и графиков, дополняющих картографическое изображение. Оформление картографических моделей обеспечивает гармоничность и цветовое разнообразие условных обозначений, их наглядность, легкую читаемость, понятность потребителю. В целом картографические произведения формируют многослойную структуру экологических данных (рис. 1).

Систематизация разнородных экологических геоданных в виде единой базы данных позволила осуществить экологическое зонирование территории Новосибирска с выделением зон, имеющих различную степень опасности для здоровья населения. Полученная интегральная экологическая модель (рис. 2) представляет собой научную основу для моделирования перспективных изменений окружающей среды города.

Исследуя вопросы моделирования динамики экологических процессов, необходимо учитывать различные сценарии хозяйственной деятельности человека на данной территории: промышленные предприятия могут работать в более интенсивном режиме или, напротив, сокращать объем выпускаемой продукции; перечень отраслей промышленности может сокращаться или расширяться, допол-

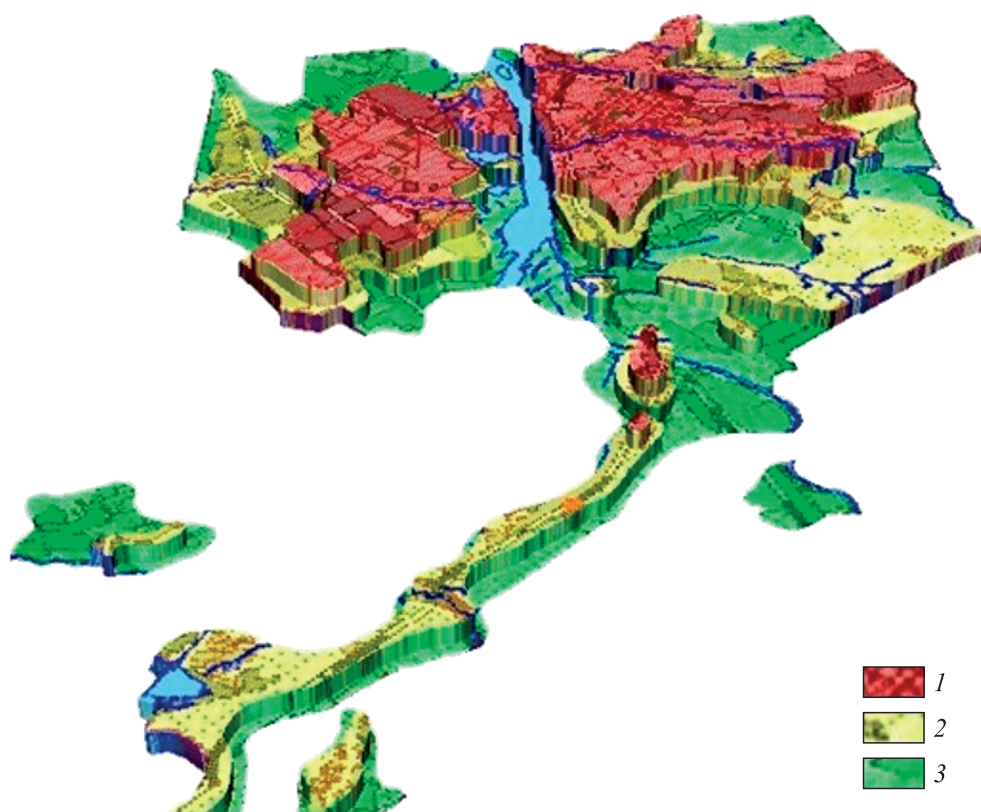


Рис. 2. Моделирование результатов экологического зонирования территории города.

Зоны экологического риска для здоровья населения: 1 — высокого, 2 — умеренного, 3 — низкого.

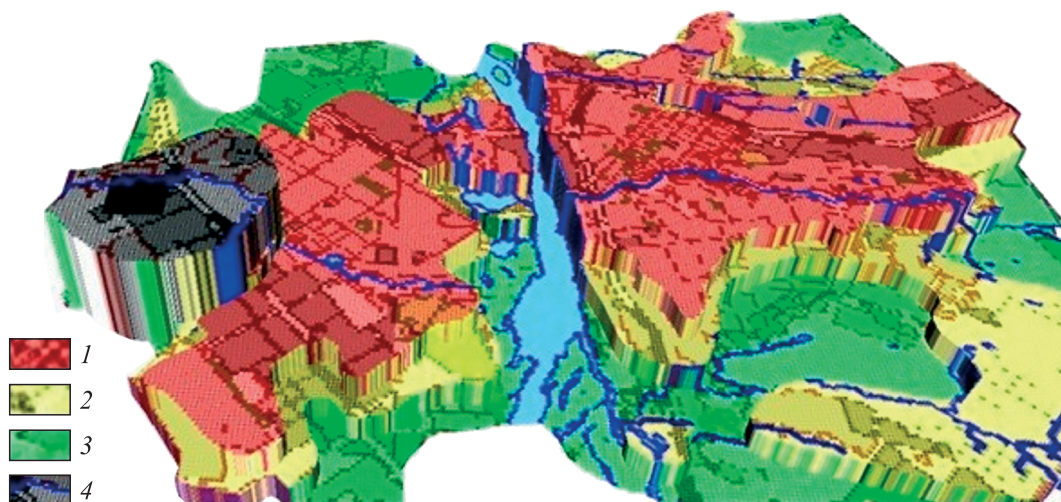


Рис. 3. Моделирование изменения экологической ситуации в случае строительства нового промышленного предприятия.

1–3 — см. рис. 2; 4 — зона вредного воздействия промышленного предприятия на окружающую среду.

няясь не представленными ранее. Может измениться даже общее направление использования территории (например, интенсификация сельскохозяйственного производства при сокращении или отсутствии роста промышленности). И в этом случае картографические модели экологической ситуации являются тем инструментом, который позволяет быстро и эффективно осуществлять экологический прогноз с использованием приемов математико-статистического анализа для выяснения формы и тесноты связей между различными явлениями (посредством вычисления корреляционных зависимостей — коэффициентов корреляции, корреляционных отношений и т. д.) и картографо-математического моделирования.

В данном случае понятие картографо-математического моделирования подразумевает построение пространственной модели экологического явления (трансграничного переноса загрязненных воздушных масс, распространения загрязненных сточных вод по водотоку или водоему и пр.) и использование этой модели для анализа механизма явления и изучения его пространственно-временной динамики [18]. Таким образом, при решении задач экологического прогнозирования картографические модели формируют ту основу информационной базы, которая будет использоваться для перспективных расчетов. Пример подобного моделирования экологической ситуации (с использованием интегральной экологической модели Новосибирска) представлен на рис. 3.

Результаты полученного экологического прогноза также целесообразно визуализировать в виде картографической модели — для облегчения их восприятия потребителем. Картографические модели, составленные по результатам экологического прогноза, могут варьироваться по форме представления информации. Для представления результатов среднесрочных и долгосрочных прогнозов тех явлений, которые изменяются достаточно медленно, целесообразно использовать серию статических картографических изображений, отражающих ситуацию в разное время. Результаты же краткосрочного прогнозирования (например, распространение аварийного выброса крупного промышленного предприятия) можно отображать с помощью картографических анимаций, которые позволяют показывать перемещение полей или фронтов загрязнения объектов окружающей среды практически в режиме реального времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экологическая информация (прежде всего сведения о состоянии окружающей среды на территориях крупных населенных пунктов) является важной частью тематического содержания ИПД. Проведенные исследования позволили обосновать перечень экологических данных, собираемых для характеристики состояния окружающей среды в пределах крупного промышленного центра, а также методику визуализации и моделирования сведений с использованием картографического метода исследования и приемов геоинформационного картографирования.

Набор экологических геоданных, формируемый для включения в ИПД, должен содержать аналитические и комплексные характеристики загрязнения всех основных природных компонентов: атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, техногенной радиационной обстановки. Этот минимальный набор в зависимости от особенностей местности может быть дополнен сведениями о естественном уровне радиации, сейсмической обстановке, загрязнении подземных вод (в случае их активного использования для коммунально-бытового водоснабжения), загрязнении снежного покрова (при его наличии) и прочих природных и антропогенных факторах, ухудшающих состояние среды обитания местного населения.

В качестве инструмента для представления экологической информации в ИПД рекомендовано использовать картографические модели экологической ситуации. Эти модели дают возможность как визуализировать современное состояние окружающей среды, так и осуществлять экологическое прогнозирование и представлять его результаты.

Использование картографических моделей экологической ситуации позволит решать такие задачи, как оценка экологической обстановки на территории промышленного центра и ее влияния на здоровье населения; обоснование рационального размещения промышленных предприятий, селитебных территорий, зеленых зон; прогнозирование развития экологической обстановки при различных сценариях ее техногенного использования; разработка рекомендаций по улучшению условий жизни населения и охране окружающей среды.

Проведенные исследования выявили две основные группы пользователей картографических моделей экологической ситуации.

В первую группу входят сотрудники научно-исследовательских организаций, занятых экологическими исследованиями (например, в Новосибирске это Западно-Сибирский центр мониторинга окружающей среды, ГУФП «Березовгеология» и пр.). Они владеют обширными архивами экологических данных, но не имеют в штате сотрудников-картографов, способных быстро и качественно представить накопленную информацию в картографическом виде, более удобном для анализа, нежели статистические таблицы и графики. Картографические модели выступают не только как средство визуализации современной или перспективной экологической обстановки, но и как информационная основа для коррекции размещения постов существующей сети наблюдения и выбора ключевых, наиболее загрязняемых участков местности для проведения перспективных наблюдений.

Вторая группа пользователей включает сотрудников административных органов, занятых управлением природоохранной деятельностью, которые используют картографические модели для планирования и контроля мероприятий по охране и восстановлению окружающей среды. Информированность о размещении на территории основных очагов экологического неблагополучия, об их конфигурации и площадном охвате позволяет повысить эффективность разработки природоохранных работ и планирования профилактических мероприятий по охране здоровья населения за счет концентрации мероприятий в наиболее неблагополучных зонах. Поскольку пользователи данной группы не являются специалистами в области картографии, картографические модели должны отличаться не только информационной полнотой, но и наглядностью визуализации экологических данных.

Проведенные исследования стали научной основой для разработки информационной картографической системы экологического состояния территории, входящей в состав Западно-Сибирской инфраструктуры пространственных данных [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васюков П. В., Щербина С. В.** Инфраструктура пространственных данных регионального уровня в Чувашской Республике // *Геопрофи.* — 2014. — № 2. — С. 11–16.
2. **Кошкарев А. В.** Быть или не быть инфраструктуре пространственных данных в России? Информационный бюллетень ГИС-ассоциации // *Геоинформатика* 2003. — 2003. — № 1, 2 (38, 39). — С. 45–47.
3. **Миллер С. А.** Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации, задачи 1-го этапа реализации [Электронный ресурс]. — <http://www.myshared.ru/slide/691429/> (дата обращения 03.07.2015).
4. **Директива 2007/2/ЕС** Европейского парламента и Совета Европы от 14 марта 2007 г. по созданию инфраструктуры пространственной информации ЕС (INSPIRE) [Электронный ресурс]. — <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:en:PDF> (дата обращения 03.07.2015).
5. **Лисицкий Д. В.** Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // *Вестн. Сиб. геодез. академии.* — 2013. — Вып. 2, № 22. — С. 8–16.

6. **Концепция** создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 года № 1157-р) [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/90200122> (дата обращения 03.07.2015).
7. **Николаева О. Н., Ромашова Л. А., Гаврилов Ю. В.** Серия экологических карт промышленного центра как часть инфраструктуры пространственных данных // *Материалы IX науч. конф. «Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных»* (Иркутск, 23–26 ноября 2010 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2010. — Т. 1. — С. 164–166.
8. **Карпик А. П., Лисицкий Д. В.** Электронное пространство — сущность и концептуальные основы // *Геодезия и картография*. — 2009. — № 5. — С. 41–44.
9. **Мазуров Б. Т., Николаева О. Н., Ромашова Л. А.** Совершенствование информационной базы региональных ГИС (РГИС) для инвентаризации и картографирования ресурсов // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. — 2012. — № 2/1. — С. 130–134.
10. **Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю.** Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. — 2012. — № 2/1. — С. 156–161.
11. **Дышлюк С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А., Сухорукова С. А.** Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации в ИСА ГИС // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. — 2011. — № 5. — С. 91–93.
12. **Дышлюк С. С., Павлов Е. В.** К вопросу автоматизированного создания тематических карт // *Материалы VIII Междунар. науч. конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь-2012»*. — Новосибирск: Изд-во Сиб. геодез. академии, 2012. — Т. 3. — С. 162–165.
13. **Дышлюк С. С., Пошивайло Я. Г.** Использование ГИС-технологий для мониторинга состояния воздушной среды г. Новосибирска // *Материалы IX науч. конф. «Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных»* (Иркутск, 23–26 ноября 2010 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2010. — Т. 1. — С. 173–176.
14. **Равкин Ю. С., Кокорина И. П.** Картографическое отображение распределения тетерева и рябчика на Западно-Сибирской равнине // *Сиб. экол. журн.* — 2011. — № 4. — С. 527–533.
15. **Волкова О. А., Ромашова Л. А., Николаева О. Н.** Современный опыт развития радиоэкологического картографирования и его особенности // *Материалы междунар. конф. «Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение»* (Белгород, 23–24 июля 2014 г.). — Белгород: Изд-во Белгород. ун-та, 2014. — С. 615–618.
16. **Дышлюк С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А.** Роль экологических карт в формировании инфраструктуры пространственных данных муниципального уровня // *Материалы междунар. конф. «Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение»* (Белгород, 23–24 июля 2014 г.). — Белгород: Изд-во Белгород. ун-та, 2014. — С. 592–595.
17. **Николаева О. Н., Ромашова Л. А., Гаврилов Ю. В.** Об опыте и результатах системного картографирования экологической ситуации Новосибирска // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. — 2011. — № 3. — С. 91–94.
18. **Николаева О. Н., Ромашова Л. А.** Роль картографического метода исследования в экологическом мониторинге окружающей среды // *Материалы V Междунар. науч. конгресса «Гео-Сибирь-2009»* (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). — Новосибирск: Изд-во Сиб. геодез. академии, 2009. — Т. 4, ч. 2. — С. 69–72.
19. **Мазуров Б. Т., Николаева О. Н., Ромашова Л. А.** Интегральные экологические карты как инструмент исследования динамики экологической обстановки промышленного центра // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. — 2012. — № 2/1. — С. 88–91.

Поступила в редакцию 3 августа 2015 г.