

УДК 528.44:528.9

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРИ ВЕДЕНИИ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

Трубина Людмила Константиновна¹,
trubinalk@rambler.ru

Аврунев Евгений Ильич¹,
kadastr204@yandex.ru

Николаева Ольга Николаевна¹,
onixx76@mail.ru

Каленицкий Анатолий Иванович¹,
kaf.astronomy@ssga.ru

Антипов Илья Тимофеевич¹,
kaf.astronomy@ssga.ru

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10.

Актуальность. В связи с проводящейся в России реформой системы Государственного кадастра недвижимости необходимо совершенствование организации кадастровой деятельности для повышения объективности и достоверности информации о земельных участках и оптимизации использования земель. Одним из актуальных направлений является учет экологической составляющей при ведении кадастровой деятельности на урбанизированных территориях, характеризующихся высоким уровнем загрязнения окружающей среды. В настоящее время официально утвержденная методика такого учета отсутствует, а подходы, предлагаемые различными авторами, в большинстве своем основаны на регистрации и оценке существующих уровней загрязнения основных природных компонентов окружающей среды. При этом экологическая обстановка города не рассматривается как целостная динамическая система, и не принимаются во внимание ее изменения во времени и пространстве. Для системного рассмотрения экологической обстановки городских территорий необходим комплексный анализ влияния источников загрязнения и процессов распространения загрязняющих веществ, определяемых природными условиями территории и особенностями городской инфраструктуры.

Цель работы: обоснование подхода к учету экологической составляющей при кадастровой оценке территорий путем геоинформационного анализа и трехмерного картографического моделирования процессов распространения загрязняющих веществ в городской среде.

Методы: геоинформационный анализ, картографическое моделирование, методы картографической визуализации данных, 3D-моделирование геопространственных данных.

Результаты. Предложен подход к экологической оценке состояния урбанизированной территории, основанный на анализе и изучении потоков переноса загрязняющих веществ. Обоснована логическая последовательность интеграции разнородных экологических данных при моделировании потоков переноса вещества. Построена цифровая модель рельефа и цифровая модель местности г. Новосибирска. Сформирована база экологических данных на территорию города. Выполнено экологическое зонирование территории г. Новосибирска по комплексному показателю степени опасности. Выполнено 3D-моделирование потоков переноса загрязняющих веществ от техногенных объектов экологической опасности.

Выводы. Предложенный подход обеспечивает динамическое рассмотрение экологической ситуации на территории города как результата взаимодействия природных и городских потоковых систем. Этим обеспечивается детальность и объективность оценки экологической обстановки в пределах конкретных кадастровых кварталов, что закладывает основу для внесения результатов экологической оценки в перечень собираемых кадастровых сведений.

Ключевые слова:

Потоковые системы, экологическая обстановка, экологическая оценка, геоинформационный анализ, цифровые модели рельефа, картографическое моделирование, 3D-моделирование, кадастровая деятельность.

Постановка проблемы

Специфика каждого города, обусловленная характерными для него природными условиями, структурой застройки и техногенными источниками, определяет особенности экологической обстановки и существующих экологических проблем. Необходимость учета экологического состояния территории при кадастровой оценке земель была заявлена в «Методике государственной кадастро-

вой оценки городских земель» (1999 г.) [1]. Включение блока экологической информации в Государственный кадастр недвижимости значительно расширило бы его возможности как многоцелевой системы, позволяющей органам государственной власти принимать рациональные управленческие решения, разрабатывать эффективные рекреационные мероприятия и оказывать адресную социальную и медицинскую поддержку населения,

проживающего в наиболее неблагоприятных экологических условиях [2–4].

Для оценки экологического состояния городских земель применяется совокупность показателей, дифференцированных по функциональному назначению земель и регламентируемых большим числом нормативно-методических документов. Их анализ, приведенный в работе [5], показывает, что для каждой категории земель применяется своя пространственно-временная классификация, рассматриваемая автономно, хотя экологический подход указывает на необходимость установления взаимосвязей между природными факторами (рельеф, климат и т. д.) и техногенной деятельностью человека.

На практике методики оценки экологического состояния территории базируются на анализе ряда количественных показателей, в частности, концентрации загрязняющих вредных веществ в воздухе, воде и почве, объемов вредных веществ, поступающих в атмосферу от источников и др. Уровень загрязнения отдельных компонентов природной среды рассматривается изолированно, не учитывается эмиссия отдельных загрязняющих веществ. Наличие межведомственной разобщенности при сборе данных об одном объекте приводит к получению интегрированных показателей, не всегда объективно отражающих существующую экологическую ситуацию [6, 7]. Также следует отметить разнородность используемых схем наблюдения и топографических основ, используемых для локализации пространственных данных [8], что затрудняет сопоставимость результатов экологической оценки, выполненной по одной и той же методике, но для различных объектов или территорий.

В целом определенные ограничения как по составу исходных данных, так и по использованию методов их обобщения и анализа при дискретности и неоднородности покрытия территории данными о концентрации загрязняющих веществ могут приводить к некорректности отображения территориального распределения того или иного показателя, чаще всего осуществляемого методами интерполяции и экстраполяции. Таким образом, интегральные показатели, получаемые в результате преобразования первичных данных, измеренных в дискретных точках пространства, позволяют оценивать общую экологическую ситуацию на уровне города, но при этом недостаточно детально отражают ситуацию конкретного земельного участка или кадастрового квартала.

Все перечисленные данные являются пространственно-распределенными, поэтому для их интерпретации и последующего анализа предполагается использование методов и приемов картографического 3D-моделирования средствами геоинформационных систем, обладающих развитым инструментарием по цифровому моделированию рельефа, анализу и визуализации картографических 3D-моделей.

Из всего многообразия природных условий наиболее характерное и определяющее влияние на формирование экологической обстановки оказывает рельеф. Он обеспечивает определенный тип взаимодействия объектов природной и антропогенной среды и таким образом влияет на перемещение вещества и энергии. Ход большинства эколого-геохимических процессов зависит от поступления в каждую точку территории влаги и солнечного тепла, их распределение регулируется углами наклона и экспозицией склонов. Направление и распространение загрязнений, пути миграции вещества, зоны его возможного накопления и смыва определяют типы морфоэлементов рельефа. Получение перечисленных характеристик обеспечивает детальный морфометрический анализ рельефа, результаты которого позволяют выполнить предварительное зонирование территории по направленности и интенсивности потоков вещества, в том числе загрязняющих веществ. Сочетание транспонирующих и аккумулялирующих процессов переноса может активизировать отрицательные экологические явления в пределах земельных участков. Последующий анализ с учетом фактических данных о состоянии окружающей среды на территории города позволит повысить объективность оценки экологической ситуации в пределах отдельных кадастровых кварталов. Картографическая визуализация результатов оценки в комплексе со схемой кадастрового деления территории предоставит наглядное отображение пространственной взаимосвязи различных функциональных зон с выделенными потоковыми структурами, определяющими области переноса и накопления загрязняющих веществ. Интерпретация вышеописанного набора данных обеспечит выполнение дифференциации кадастровых кварталов по экологической обстановке.

Методы исследования

Для реализации интегрированного подхода к экологической оценке урбанизированных территорий предлагается рассматривать в комплексе природную и техногенную составляющие, как показано на рис. 1.

Процессы распространения загрязняющих веществ определяются, прежде всего, природными особенностями территории, в большей степени рельефом, обуславливающим направления миграции загрязнителей на подстилающей поверхности, в водной среде, а также отчасти в приземном слое атмосферы. Предлагается рассматривать их как *природные потоковые системы*.

Особенности городской инфраструктуры формируют антропогенные каналы переноса вещества и энергии и могут быть охарактеризованы как *городские потоковые системы*. Наиболее значимым элементом этих систем выступают объекты транзитного стока – канализационные коллекторы, коммуникационные каналы (тепловая сеть, транспорт и т. д.). Соответственно анализ взаимодействия эт-

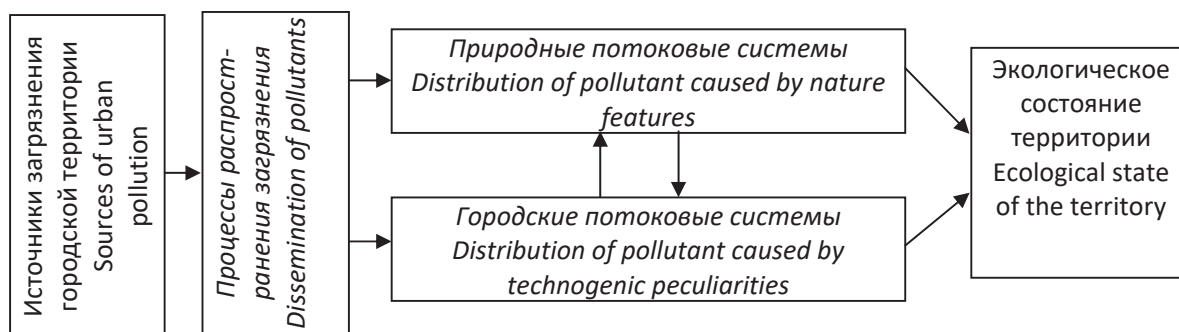


Рис. 1. Распространение загрязняющих веществ в городской среде

Fig. 1. Dissemination of pollutants in the urban environment

их потоков позволит повысить объективность оценки экологической обстановки города.

Для всестороннего анализа перечисленной пространственной информации и связанных с ней непространственных (атрибутивных) данных предлагается моделировать экологические процессы на территории города средствами современных ГИСТехнологий на основе интеграции данных, представленных на рис. 2:

Как видно из рис. 2, принципиальная последовательность процесса интеграции разнородных данных для учета экологической составляющей при ведении Государственного кадастра недвижимости включает в себя две основных группы действий: сбор и систематизация исходных данных и геоинформационное моделирование экологической обстановки города с учетом потоковых систем.



Рис. 2. Принципиальная последовательность процесса интеграции разнородных данных для учета экологической составляющей при ведении Государственного кадастра недвижимости

Fig. 2. The main sequence of actions to integrate heterogeneous data to include the environmental component into the system of state real property cadastre

Для формирования геоинформационной модели территории необходимы базовые пространственные данные на территорию (топографические карты и материалы аэрокосмических съемок). Это послужит основой для создания цифровой модели местности (ЦММ), включающей в себя цифровую модель рельефа (ЦМР) и трехмерную цифровую модель объектов местности (ЦМО).

Аналізу экологического состояния городской территории должен предшествовать анализ морфологии рельефа, как совокупности упорядоченных форм, возникших под действием гравимагнитных полей, действие которых на земной поверхности проявляется в виде потоков почвенно-геологического вещества. Эти потоки, в свою очередь, определяют направление движения техногенных веществ, образующихся в результате действия тех или иных природных либо антропогенных источников загрязнения. Анализировать рельеф в таком контексте позволяет метод «пластики рельефа», который основан на геометрическом преобразовании горизонталей топографических карт либо изогипс и структурных карт любого масштаба в морфоизографы [9, 10].

Для оценки вклада рельефа в различные природные или техногенные процессы необходимо определить его количественные характеристики. С этой точки зрения одним из наиболее эффективных методов изучения рельефа является морфометрический анализ. В настоящее время разработан и применяется целый ряд методик, позволяющих определять морфометрические показатели и отображать их на морфометрических картах различного содержания и назначения. Также многими специалистами предлагаются уникальные авторские системы морфометрических показателей и алгоритмы их определения. Зачастую морфометрические исследования базируются на анализе крутизны и экспозиции склонов, поскольку именно эти параметры определяют значения инсоляции и величину поверхностного стока. Для оценки пространственного распределения (в частности, направления и скорости) потоков вещества используют такие показатели, как горизонтальная и вертикальная кривизна [11, 12]. Форма поверхности тел рельефа может быть описана и другими морфометрическими показателями [13–15].

Представление рельефа в виде ЦМР значительно расширяет возможности морфометрического анализа. Использование геоинформационных систем (ГИС) позволяет осуществлять трехмерную визуализацию на разных этапах моделирования, что повышает наглядность создаваемых моделей и способствует более эффективному изучению морфометрических свойств рельефа. При наличии соответствующих технологических возможностей в используемой ГИС ЦМР могут создаваться в интерактивном режиме, что упрощает восприятие информации. Таким образом, ЦМР оптимизируют процесс изучения взаимосвязей между пространственными объектами, существенно дополняя численные модели.

Комплексный анализ вышеперечисленных морфометрических показателей, определяемых по ЦМР, позволяет выявлять зоны транзита и аккумуляции загрязняющих веществ. Результатом анализа являются *цифровые модели пространственного распределения природных потоков вещества*. Для удобства дальнейшего использования они визуализируются в виде цифровых карт или трехмерных картографических моделей [5].

Степень детальности отображения топографии поверхности при построении ЦМР зависит от исходных материалов, использованных для получения данных о рельефе. Одним из широко используемых методов при анализе природной среды является формирование ЦМР по горизонталям; в этом случае основным источником выступают топографические карты разных масштабов [16, 17]. Поскольку горизонталы были получены в результате преобразований исходных данных (интерполяция по точкам), итоговое цифровое представление поверхности получается несколько искаженным за счет сглаживания форм микро- и нанорельефа. Следует заметить, что существенность этого искажения может проявиться только при крупномасштабных исследованиях. В таком случае целесообразно использовать данные дистанционного зондирования и лазерного сканирования, при которых построение ЦМР осуществляется по непосредственно измеренным данным, что обеспечивает более высокую ее точность [18–20], в том числе и при обследовании территории с густым лесным покровом [21] или высотной застройкой высокой плотности [22, 23].

Вторым важным этапом учета экологической составляющей в кадастровой оценке является анализ состояния окружающей среды на территории города. Массив соответствующих исходных данных формируется в ходе ведения уполномоченными органами Росгидромета локального экологического мониторинга. Получение информативных и объективных результатов экологической оценки обеспечивается сбором и анализом детальных сведений о загрязнении отдельных компонентов окружающей среды и определением комплексных и интегральных характеристик экологической ситуации.

В качестве методологической основы моделирования состояния окружающей среды города выступают структурирование и геоинформационный анализ пространственных данных экологического характера, приемы которого устанавливаются в зависимости от исследуемого природного компонента и типа загрязнения [24]. Проведенные исследования позволили сформировать перечень данных о состоянии компонентов окружающей среды, которые достаточны для получения комплексной характеристики состояния окружающей среды в пределах кадастровых кварталов. Ниже перечислены рассматриваемые виды загрязнений и основные показатели, характеризующие их интенсивность:

- загрязнение атмосферы города (выбросы стационарных промышленных источников, загрязненность воздуха на автомагистралях, общая запыленность атмосферного воздуха);
- загрязнение водоемов и водотоков в черте города (локализация и объемы сбросов промышленных и коммунально-бытовых стоков, концентрация приоритетных загрязняющих веществ, классы качества воды);
- загрязнение городских почв (местоположение полигонов твердых бытовых и промышленных отходов, комплексный показатель загрязнения почв тяжелыми металлами, локализация техногенных геохимических аномалий);
- шумовое загрязнение от городского транспорта;
- естественный радиационный фон (концентрация радона в почвенном воздухе, наличие и размещение тектонических элементов, обуславливающих повышенный уровень естественного радиационного фона, например – выходов гранитных массивов на поверхность).
- техногенное радиационное загрязнение (наличие и размещение источников ионизирующего излучения, участков техногенного радиационного загрязнения);
- комплексный показатель состояния окружающей среды, определенный в ходе экологического зонирования территории для каждого кадастрового квартала, выделенного на территории города в соответствии с утвержденной схемой кадастрового деления.

Геоинформационный анализ и моделирование вышеперечисленных данных выполняется в ГИС, обладающих развитым инструментарием в области построения и исследования картографических 3D-моделей, установления пространственных связей между объектами. Это позволяет решать следующие задачи:

- выявление основных закономерностей загрязнения подстилающей поверхности для экологически безопасного планирования развития жилой застройки;
- определение и оценка эрозионного риска, вынесение рекомендаций по использованию различных участков местности с учетом эрозионной ситуации;
- моделирование зон загрязнения приземного слоя атмосферы крупными стационарными источниками (ТЭЦ и т. п.) для планирования высотной жилой застройки (выше 16 этажей);
- анализ распространения потоков загрязняющих веществ от существующих и планируемых промышленных объектов различного назначения;
- обоснование размещения новых жилых и зеленых зон, проектируемых промышленных предприятий и объектов инфраструктуры с учетом требований экологической безопасности для здоровья населения;
- выявление приоритетных направлений в области охраны окружающей среды, вынесение ре-

комендаций по улучшению качества жизни населения.

В целом результаты 3D-моделирования закладывают основу для детальной оценки городской окружающей среды с учетом различных критериев (кадастровых, геодинамических, экологических, медико-биологических) и создания результирующей картографической продукции соответствующей тематики, выступающей как часть информационного обеспечения по территориальному планированию использования городских земель [25].

Результаты исследований

Апробация изложенных подходов реализуется для анализа экологической обстановки территории г. Новосибирска.

Для изучения природных и техногенных потоков, формирующихся на территории города, была создана цифровая модель рельефа и сформированы тематические слои, содержащие основные элементы инфраструктуры, средствами ГИС «Карта» (Фрагмент цифровой модели местности, созданной на основе этой модели, представлен на рис. 3, а). В качестве исходных источников использовались топографические карты масштаба 1:25000 на территорию в административных границах г. Новосибирска, и карты масштаба 1:100000 на пригородную зону. Сформированы изоморфографы, выделяющие плановое положение потоков (рис. 3, б). Выполнен расширенный морфометрический анализ рельефа. По ЦМР построены производные трехмерные картографические модели крутизны, экспозиции склонов, горизонтальной и вертикальной кривизны, выделены зоны дисперсий и депрессий.

Далее был осуществлен сбор и картографическое моделирование данных о загрязнении основных природных компонентов города. Использовались исходные данные, полученные Западно-Сибирским центром мониторинга окружающей среды и рядом организаций, ведущих исследования в области геологии, гидрогеологии и радиационной обстановки Новосибирской области (ГУФП «Березовгеология» и пр.) [24, 26]. Было выполнено нормирование наблюдаемых концентраций загрязняющих веществ относительно утвержденных в законодательном порядке санитарно-гигиенических нормативов (предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и предельно допустимых уровней воздействия на окружающую среду). Осуществлен оверлейный анализ закономерностей пространственного распространения загрязняющих веществ в атмосфере, на подстилающей поверхности, в почвах и поверхностных водах. Рассчитан комплексный показатель состояния окружающей среды для каждой территориальной ячейки, на основании чего было выполнено экологическое зонирование городской территории [27].

Проведенные работы позволили сформировать достоверное и детальное представление о природ-

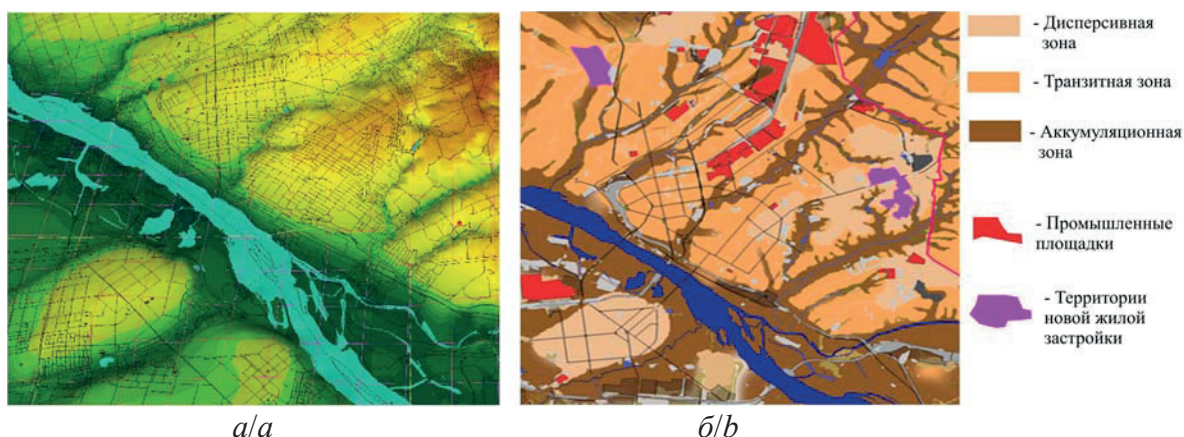


Рис. 3. Геоинформационное моделирование влияния рельефа на перенос загрязняющих веществ: а) фрагмент цифровой модели рельефа со схемой кадастрового деления; б) фрагмент трехмерной картографической модели распределения природных потоков

Fig. 3. Geoinformation modelling of relief influence on pollutant dissemination: a) fragment of a digital terrain model supplemented by a cadastral division scheme; b) fragment of cartographic 3D-model of distribution of natural flows

ных и техногенных потоках загрязняющих веществ, действующих на территории города и выполнить анализ размещения экологически опасных техногенных объектов. В качестве таковых рассматривались полигоны твердых бытовых отходов (ТБО).

Анализ расположения полигонов ТБО на территории города показал, что выбор места расположения не всегда удачен с точки зрения воздействия на ближайшую территорию. Так, например, один из крупнейших в городе полигонов ТБО находится в зоне транзита загрязняющих веществ, что обуславливает высокий риск переноса загрязняющих веществ в зоны жилых кварталов (рис. 4).

Таким образом, созданные 3D-модели позволили установить территориальные закономерности распределения загрязняющих веществ, выделить зоны сноса, транзита и аккумуляции. Данный под-

ход может использоваться при оценке экологического ущерба как от существующих техногенных объектов, так и от проектируемых.

Выводы

Геоинформационное моделирование природных и городских потоковых систем на территории города обеспечивает системное рассмотрение городской территории и повышает объективность экологической оценки состояния окружающей среды. Реализация предложенного подхода позволяет рассматривать кадастровый квартал в качестве элементарного участка исследуемой территории и, следовательно, дифференцировать кадастровые кварталы по экологической обстановке и более достоверно учитывать экологическую составляющую при оценке объектов недвижимости.

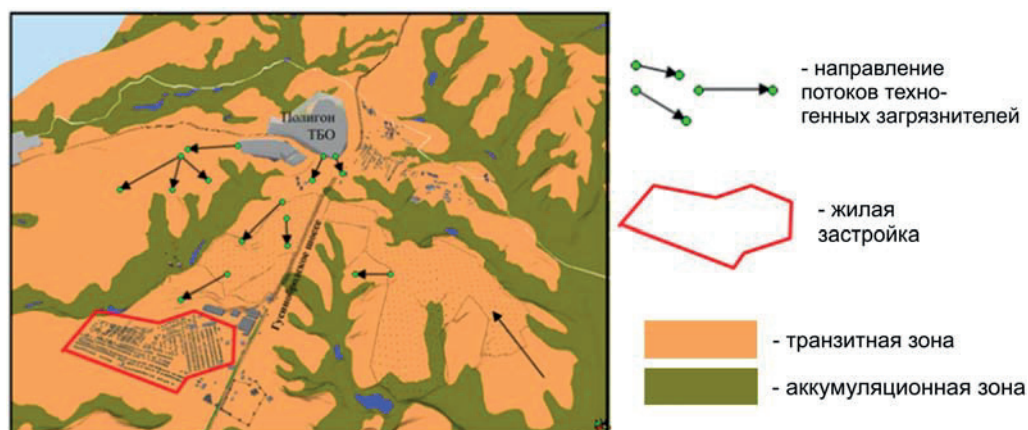


Рис. 4. Направление потоков техногенного загрязнения в районе полигона ТБО

Fig. 4. Distribution of flows of technogenic pollution around the landfill

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика государственной кадастровой оценки земель поселений. – М.: Государственный комитет Российской Федерации по земельной политике, 2000. – 14 с.
2. Учет экологических факторов в кадастре недвижимости для целей управления устойчивым развитием урбанизированных территорий / А.В. Шепелева, В.В. Засядь-Волк, С.Н. Максимов, Т.А. Алиев, Т.А. Заболотская // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – Мельбурн, 2016. – Т. 22. – № 2. – С. 244–255.
3. Панов Д.В. Анализ методик учета экологической компоненты в кадастре городских земель // Материалы Международного научного конгресса Интерэкспо Гео-Сибирь – Смоленск, 2012. – Т. 2. – № 3. – С. 173–176.
4. Кочетова В.А. Кадастровая оценка городских земель на основе учета экологических факторов // Science Time. – 2015. – № 12 (24). – С. 422–425.
5. Креймер М.А., Трубина Л.К. Некоторые аспекты интеграции кадастра и геоэкологии в управлении землепользованием // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 26–29.
6. Кравец Е.А. Анализ полноты и достоверности информации о загрязнении окружающей среды // Геодезия и картография. – 2006. – № 6. – С. 45–51.
7. Кравец Е.А. Картографическая логика (анализ вопросов состояния и охраны окружающей среды). – М.: МИИГАиК, 2010. – 157 с.
8. Бешенцев А.Н. Геоинформационные ресурсы: особенности, классификация, размещение // Информационные ресурсы России. – 2015. – № 4. – С. 21–26.
9. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. – М.: Наука, 2006. – 230 с.
10. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах. Недокучаевское почвоведение. – М.: Наука, 2003. – 184 с.
11. Shary P.A., Lees B., Tang G. Models of topography // Advances in Digital Terrain Analysis. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. – Berlin: Springer – Verlag, 2008. – P. 29–57.
12. Li Z., Zhu Q., Gold C. Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. – Boca Raton: CRC Press, 2004. – 323 p.
13. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis // Geoderma. – 2002. – V. 107 (1–2). – P. 1–32.
14. Agterberg F. Geomathematics: Theoretical Foundations, Applications and Future Developments. – Berlin: Springer International Publ., 2014. – 553 p.
15. Pike R.J., Wilson S.E. Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis // Bull. Geol. Soc. Am. – 1971. – V. 82. – P. 1079–1084.
16. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика / под ред. Д.В. Лисицкого. – М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 1993. – 213 с.
17. Smith M.J., Clark C.D. Methods for the visualization of digital elevation models for landform mapping // Earth Surf. Process. Land. – 2005. – V. 30. – P. 885–900.
18. Bennett R., Welham K., Hill R.A. A Comparison of Visualization Techniques for Models Created from Airborne Laser Scanned Data // Archaeol. Prospect. – 2012. – V. 19. – P. 41–48.
19. Yu P., Eyles N., Sookhan S. Automated drumlin shape and volume estimation using high resolution LiDAR imagery (Curvature Based Relief Separation): a test from the Wadena Drumlin Field, Minnesota // Geomorphology. – 2015. – V. 246. – P. 589–601.
20. Tarolli P. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges // Geomorphology. – 2014. – V. 216. – P. 295–312.
21. Evans J.S., Hudak A.T. A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2007. – V. 45. – P. 1029–1038.
22. Change detection of buildings using an airborne laser scanner / H. Murakami, K. Nakagawa, H. Hasegawa, T. Shibata, E. Iwanami // ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. – 1999. – V. 54. – P. 148–152.
23. Vu T.T., Tokunaga M., Yamazaki F. Wavelet-based extraction of buildings features from Airborne Laser Scanner data // Canadian Journal of Remote Sensing. – 2002. – V. 29 (6). – P. 783–799.
24. Дышлюк С.С., Ромашова Л.А., Николаева О.Н. Об использовании экологических карт в создании экологической компоненты инфраструктурных пространственных данных // Геодезия и картография. – 2016. – № 4. – С. 20–27.
25. 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. 83–86.
26. Гаврилов Ю.В., Николаева О.Н., Ромашова Л.А. Об опыте и результатах системного картографирования экологической ситуации Новосибирска // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 3. – С. 91–94.
27. Николаева О.Н., Ромашова Л.А., Волкова О.А. Применение экологических карт в мониторинге состояния окружающей среды // Интерэкспо Гео-Сибирь 2013. Новосибирск, 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 9–13.

Поступила 28.02.2018 г.

Информация об авторах

Трубина Л.К., доктор технических наук, профессор кафедры экологии и природопользования Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

Аврунев Е.И., кандидат технических наук, заведующий кафедрой кадастра и территориального планирования Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

Николаева О.Н., доктор технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

Каленицкий А.И., доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

Антипов И.Т., доктор технических наук, профессор-консультант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования Сибирского государственного университета геосистем и технологий.

UDC 528.44:528.9

APPROACHES TO GEOINFORMATION MODELLING OF URBAN TERRITORY TO INTEGRATE THE ENVIRONMENTAL COMPONENT INTO THE SYSTEM OF STATE REAL PROPERTY CADASTRE

Lyudmila K. Trubina¹,
trubinalk@rambler.ru

Evgeny I. Avrunev¹,
kadastr204@yandex.ru

Olga N. Nikolaeva¹,
onixx76@mail.ru

Analoty I. Kalenitsky¹,
kaf.astronomy@ssga.ru

Iliia T. Antipov¹,
Siberian kaf.astronomy@ssga.ru

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies,
10, Plakhotny Street, Novosibirsk, 630108, Russia.

The relevance of the discussed issue is caused by the necessity to enhance the objectivity and reliability of information on land plots in relation with the conducting reform of the system of State real property cadastre. The integration of an environmental component into the system of State real property cadastre is relevant to the maintenance of high-polluted urban territories. Nowadays there are no approved standards in this field, and various techniques proposed by experts are based on analysis and assessment of existing contamination levels of environment components. The urban environment is not considered as a dynamic system, and its development over time and space is not taken into account. Thus, the complex analysis of time and space dynamics of pollutants in accordance with natural conditions and city infrastructure is essential for the system analysis of urban environment.

The aim of the study was to determine an approach to integrate environmental component into the system of State real property cadastre by geoinformation analysis and 3D cartographic modeling of time and space dynamics of pollutants in urban environment.

The methods: geoinformation analysis, cartographic modeling, cartographic visualization techniques, 3D cartographic modeling.

The results. The authors have proposed the approach to assess urban environment taking into account the patterns of pollution dissemination and proved the logical sequence of integration of heterogeneous environmental data for modeling pollution distribution. The digital relief model and digital terrain model of Novosibirsk city were formed. The environmental database of Novosibirsk city was developed. The authors carried out the zoning of city territory by composite index regarding environmental risk and designed a 3D model of pollution dissemination.

Conclusion. The approach introduced provides the dynamic analysis of urban environment as a result of interaction of natural and anthropogenic processes determining pollution dissemination. This provides the detailed and objective assessment of environment of cadastral quarters and lays the foundation for integration of the environmental component into the system of State real property cadastre.

Key words:

Pollution dissemination, city environment, environmental assessment, geoinformation analysis, digital relief model, cartographic modeling, 3D cartographic modeling, real property cadastre.

REFERENCES

1. *Metodika gosudarstvennoy kadastrvoy otsenki zemel poseleniy* [Method of state cadastral valuation of land settlements]. Moscow, Gosudarstvenny komitet Rossiyskoy Federatsii po zemelnoy politike, 2000. 14 p.
2. Shepeleva A.V., Zasyad-Volk V.V., Maksimov S.N., Aliev T.A., Zabolotskaya T.A. Uchet ekologicheskikh faktorov v kadastrе nedvizhimosti dlya tseye upravleniya ustoychivym razvitiem urbanizirovannykh territoriy [Registration of ecological factors in the real estate cadaster for controlling sustainable development of urban territories]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii «InterKarto/InterGIS»* [Proc. Int. Conf. «InterKarto/InterGIS»]. Melbourne, 2016. Vol. 22, no. 2, pp. 244–255.
3. Panov D.V. Analiz metodik ucheta ekologicheskoy komponenty v kadastrе gorodskikh zemel [Analysis of the techniques for determining ecological component in urban lands cadastre]. *Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa Interekspo Geo-Sibir* [Proc. Int. Cong. Interekspo Geo-Sibir]. Smolensk, 2012. Vol. 2, no. 3, pp. 173–176.
4. Kochetova V.A. Kadastrvaya otsenka gorodskikh zemel na osnove ucheta ekologicheskikh faktorov [Cadastre assessment of urban land based on environmental factors]. *Science Time*, 2015, no. 12 (24), pp. 422–425.
5. Kreymer M.A., Trubina L.K. Nekotorye aspekty integratsii kadastra i geoekologii v upravlenii zemlepolzovaniem [Some aspects of integrating cadastre and geoecology in land-use management]. *Geodesy and aerophotography*, 2009, no. 5, pp. 26–29.
6. Kravets E.A. Analiz polnoty i dostovernosti informatsii o zagryaznenii okruzhayushhey sredy [Analysis of completeness and reliability of information about environmental pollution]. *Geodesy and cartography*, 2006, no. 6, pp. 45–51.
7. Kravets E.A. *Kartograficheskaya logika (analiz voprosov sostoyaniya i okhrany okruzhayushchey sredy)* [Mapping logic (analysis on the status and protection of the environment)]. Moscow, MIIGAiK Publ., 2010. 157 p.
8. Beshentsev A.N. Geoinformatsionnye resursy: osobennosti, klassifikatsiya, razmeshchenie [Geographic information resources: features, classification, placement]. *Information resources of Russia*, 2015, no. 4, pp. 21–26.

9. Stepanov I.N. *Teoriya plastiki relefa i novye tematicheskie karty* [Theory of relief sculpture and new thematic maps]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 230 p.
10. Stepanov I.N. *Prostranstvo i vremya v nauke o pochvakh. Nedokuchaevskoe pochvovedenie* [Space and time in the science of soils. Non-Dokuchaevs' soil science]. Moscow, Nauka Publ., 2003. 184 p.
11. Shary P.A., Lees B., Tang G. Models of topography. Advances in Digital Terrain Analysis. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Berlin, Springer – Verlag, 2008. pp. 29–57.
12. Li Z., Zhu Q., Gold C. Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. Boca Raton, CRC Press, 2004. 323 p.
13. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*, 2002, vol. 107 (1–2), pp. 1–32.
14. Agterberg F. *Geomathematics: Theoretical Foundations, Applications and Future Developments*. Berlin, Springer International Publ., 2014. 553 p.
15. Pike R.J., Wilson S.E. Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1971, vol. 82, pp. 1079–1084.
16. Koshkarev A.V., Tikunov V.S. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. Ed. by D.V. Lisitsky. Moscow, Kartgeotsentr-Geoizdat Publ., 1993. 213 p.
17. Smith M.J., Clark C.D. Methods for the visualization of digital elevation models for landform mapping. *Earth Surf. Process. Land.*, 2005, vol. 30, pp. 885–900.
18. Bennett R., Welham K., Hill R.A. A Comparison of Visualization Techniques for Models Created from Airborne Laser Scanned Data. *Archaeol. Prospect.*, 2012, vol. 19, pp. 41–48.
19. Yu P., Eyles N., Sookhan S. Automated drumlin shape and volume estimation using high resolution LiDAR imagery (Curvature Based Relief Separation): a test from the Wadena Drumlin Field, Minnesota. *Geomorphology*, 2015, vol. 246, pp. 589–601.
20. Tarolli P. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, 2014, vol. 216, pp. 295–312.
21. Evans J.S., Hudak A.T. A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2007, vol. 45, pp. 1029–1038.
22. Murakami H., Nakagawa K., Hasegawa H., Shibata T., Iwanami E. Change detection of buildings using an airborne laser scanner. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 1999, vol. 54, pp. 148–152.
23. Vu T.T., Tokunaga M., Yamazaki F. Wavelet-based extraction of buildings features from Airborne Laser Scanner data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 29 (6), pp. 783–799.
24. Dyshlyuk S.S., Romashova L.A., Nikolaeva O.N. Ob ispolzovanii ekologicheskikh kart v sozdanii ekologicheskoy komponenty infrastruktury prostranstvennykh dannykh [Application of ecological maps in creation of the environmental components of spatial data infrastructure on municipal level]. *Geodesy and cartography*, 2016, no. 4, pp. 20–27.
25. Trubina L.K., Hlebnikova T.A., Nikolaeva O.N., Kulik E.N. Integratsiya geoprostranstvennykh dannykh na osnove trekhmernogo modelirovaniya dlya ekologicheskoy otsenki gorodskikh territoriy [3D-model-based Geospatial Data Integration for Environmental Impact Assessment in urban areas]. *Geodesy and aerophotography*, 2013, no. 4/c, pp. 83–86.
26. Gavrillov Yu.V., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. Ob opyte i rezultatakh sistemnogo kartografirovaniya ekologicheskoy situatsii Novosibirsk [Experience and results of system mapping of environmental situation in Novosibirsk]. *Geodesy and aerophotography*, 2011, no. 3, pp. 91–94.
27. Nikolaeva O.N., Romashova L.A., Volkova O.A. Primenenie ekologicheskikh kart v monitoringe sostoyaniya okruzhayushchey sredy [Ecological maps application for environment monitoring]. *Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa Interekspo Geo-Sibir 2013* [Proc. Int. Cong. Interekspo Geo-Sibir 2013]. Novosibirsk, 2013. Vol. 1, no. 2, pp. 9–13.

Received: 28 February 2018.

Information about the authors

Lyudmila K. Trubina, Dr. Sc., professor, Siberian State University of Geosystems and Technologies.

Evgeny I. Avrunev, Cand. Sc., head of the department, Siberian State University of Geosystems and Technologies.

Olga N. Nikolaeva, Dr. Sc., associate professor, Siberian State University of Geosystems and Technologies.

Anatoly I. Kalenitsky, Dr. Sc., professor, Siberian State University of Geosystems and Technologies.

Ilya T. Antipov, Dr. Sc., professor, Siberian State University of Geosystems and Technologies.