

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Т.А. Воробьева,
И.Л. Марголина**

Информационное обеспечение решения задач в области природопользования: образовательные и практические аспекты

Рассматривается информационное обеспечение для решения задач в области природопользования. Приведены концептуальные подходы к организации информационных потоков, необходимых для поддержки принятия управленческих решений на основе геоинформационных систем (ГИС). Представлены примеры информационного наполнения ГИС. Значительное внимание уделяется вопросам высшего образования в области «Экология и природопользование», связанным с изучением ГИС-технологий. Приводятся основные задачи освоения ГИС-технологий и разделы учебных программ по этому направлению.

Ключевые слова: региональные (комплексные) и отраслевые ГИС; управление природопользованием, экологическая ситуация; информационные потоки; образовательные программы.

Геоинформационные системы (ГИС) применяются для решения самых различных задач: при разработке комплексных территориальных схем по оптимизации природопользования; при планировании социально-экономического развития регионов и прогнозировании в связи с этим экологических последствий; в градостроении и муниципальном управлении; в ландшафтном планировании и проектировании; в разработке природоохранных проектов; для оперативного принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций; при оценке уровня загрязнения природных сред; в формировании экологического каркаса территории и др.

Информационное обеспечение, необходимое для решения задач в управлении природопользованием, создается на основе региональных геоинформационных систем (ГИС) на уровне административно-территориальных единиц, городов, особо охраняемых природных территорий, а также на уровне территорий, где ведутся разработки полезных ископаемых и др. Назначение

таких ГИС состоит в оптимизации системы управления, в создании информационного обеспечения, позволяющего более эффективно решать стратегические и оперативные задачи.

За рубежом геоинформационные технологии в области природопользования применяются с 60-х годов прошлого века. Особенно бурного развития ГИС достигли в 80-е годы в связи с созданием персональных компьютеров и появлением новых источников пространственных данных — материалов дистанционного зондирования (спутники *Landsat*, затем *Spot*). В России вопросы разработки и формирования ГИС освещаются с конца 70-х годов прошлого века, когда они начали применяться в таких областях хозяйственной деятельности, как геологические исследования, землеустройство и создание земельного кадастра, в лесной отрасли, т. е. там, где значительные по объему массивы информации нуждаются в пространственном анализе [5; 7]. Очень быстро ГИС-технологии нашли широкое применение в разных сферах территориальной деятельности. В настоящее время значительное распространение получили отраслевые и комплексные (региональные) ГИС, целевое назначение которых состоит в поддержке принятия решений в управлении природопользованием, в оценке и прогнозе состояния окружающей среды и социально-экономической сферы [11; 12].

В разработках ГИС наибольшее внимание отводилось технической стороне проблемы, что сильно продвинуло данное направление. Актуальным и востребованным остается вопрос о тематическом подборе информации для решения различных отраслевых задач на основе ГИС. Выбор необходимого и достаточного объема информации позволяет существенно сократить временные и финансовые затраты на проект. Необходимый состав информационного обеспечения в базе данных ГИС формируется на основе географической модели территории, отражающей ее историю, этносоциальные особенности, а также взаимосвязи структурных элементов природно-хозяйственного комплекса [3; 5]. В вопросе тематического наполнения ГИС можно выделить три основных аспекта: масштаб исследования; природно-хозяйственную специфику территории; существующие информационные потоки в управлении природопользованием. Первоочередным и главным этапом в создании ГИС является разработка структуры и содержания картографической информации в базе данных.

Масштаб территории является важным критерием в тематическом подборе пространственной и атрибутивной информации. В принятой классификации по уровню обобщения информации ГИС делятся на глобальные, региональные и локальные. Территории городов и административных районов являются первой ступенью в сборе информации и принятии решений на локальном (муниципальном уровне).

Использование ГИС-технологий для сбора и накопления информации о природно-хозяйственной специфике территории, характере и степени ее использования, особенностях антропогенного воздействия, состоянии окружающей среды, показателях здоровья населения позволяет получать новые количественные и качественные характеристики объектов и процессов, исследовать их связи

с помощью математико-статистического и картографического моделирования [1; 5]. Для внесения информации в базу данных ГИС необходимо ее предварительное структурирование по тематике и виду. Для эффективного управления природопользованием с помощью ГИС требуется постоянное обновление информации, ее анализ, синтез и визуализация с помощью геоинформационных программных пакетов (ArcGis, MapInfo, QGis и др.) для формирования выходной продукции в целях поддержки принятия оперативных и стратегических управленческих решений.

В качестве примеров, иллюстрирующих практическое использование ГИС, можно привести ряд работ, включающих формирование информационного обеспечения для решения задач в области природопользования и охраны природы на уровне города, административных муниципальных образований, особо охраняемых природных территорий, водосборных бассейнов и др. [1; 3; 6–8; 10]. Для геоэкологического обоснования рационализации природопользования на уровне административного района была разработана структура базы данных, базирующаяся на открытых материалах и данных ежегодных отчетов о состоянии окружающей среды (рис. 1).



Рис. 1. Структура базы данных для экологических ГИС административного района [6]

Для анализа пространственного распределения изучаемых объектов и процессов, а также пространственного и тематического согласования разнотипных и разномасштабных источников информации возможно использование методики построения регулярных сеток (методика GRID).

Разработанная структура базы данных апробирована в рамках исследований на территории Лужского района Ленинградской области [6]. На территорию административного района была наложена регулярная сетка в виде векторного слоя с ячейками площадью 5,6 км². Наполнение атрибутивной таблицы к этому слою позволило провести оценку устойчивости геосистем к оказываемому антропогенному воздействию и разработать комплекс мероприятий по рационализации природопользования в районе (рис. 2).

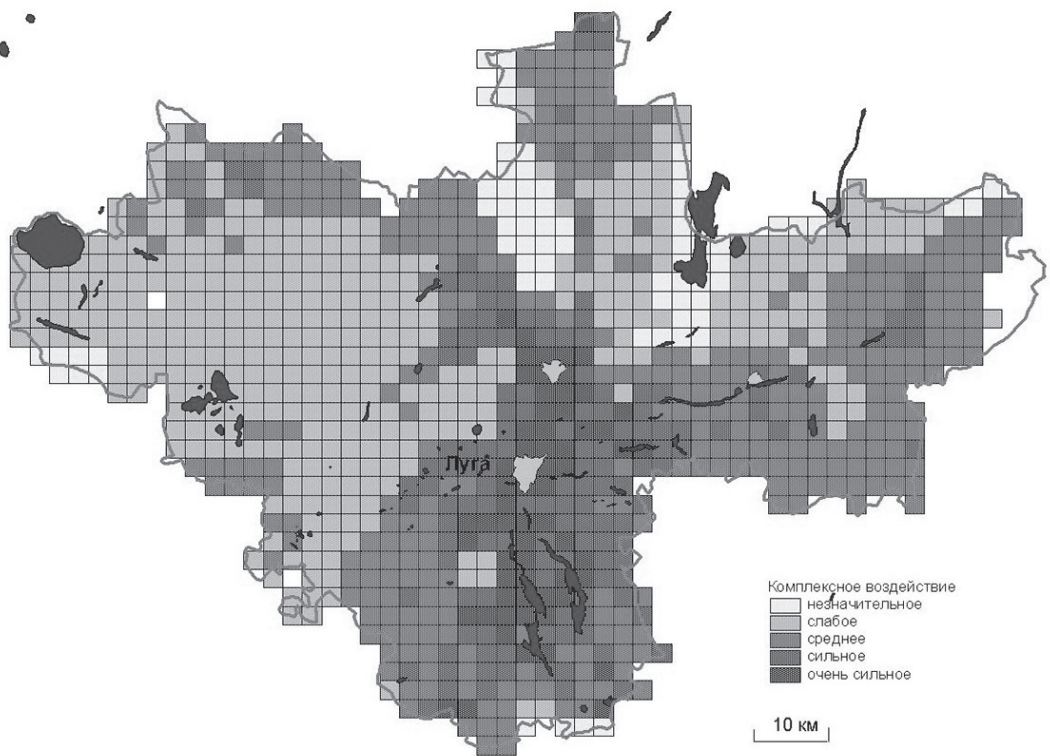


Рис. 2. Комплексное воздействие на территории Лужского района [3]

Основными инструментами оценки экологического состояния городов служат ГИС, опирающиеся на данные экологического мониторинга, дистанционного зондирования и методы математического моделирования. Экологический контроль за состоянием параметров окружающей среды в городах не может быть эффективным без полноценного объема базовой и оперативной информации. В ходе работ на территории одного из административных округов города Москвы, городов Уфа, Вологда, Астана разработаны состав и содержание картографической базы данных экологической ГИС для проведения комплексного

анализа состояния территории города. Она включает атрибутивные данные и набор аналитических и синтетических электронных карт по четырем тематическим блокам:

- природные факторы, включающие характеристику рельефа, климатический и метеорологический потенциал загрязнения (ПЗА), степень устойчивости ландшафтов;
- факторы состояния окружающей среды (ОС): размещение основных стационарных источников воздействия, устройство улично-дорожной сети, состояние различных природных сред (загрязнение атмосферного воздуха), почвенного и растительного покрова, водных объектов), размещение ареалов загрязнения;
- функционально-планировочные и градостроительные факторы (размещение участков с различным функциональным назначением, особенности градостроительной планировки: плотность и этажность застройки, ширина улиц, степень озеленения и др.);
- медико-географические и социально-демографические факторы (санитарно-гигиенические условия, численность и плотность населения, заболеваемость).

Методологические принципы проведения оценки экологического состояния территории города базируются на нормировании уровня техногенного воздействия и состояния компонентов окружающей среды (ПДВ, ПДС, ПДК и др.). Комплексный анализ городской среды с применением ГИС осуществляется на основе интегральных оценок различных факторов (см. рис. 3). Для этого проводится оценка уровня загрязнения различных компонентов природной среды по выделенным участкам с последующим их ранжированием посредством балльной оценки с определением их значимости методом экспертных оценок (от 10 до 100), что позволяет интегрировать разнородные экологические параметры и представить их в виде единого индекса состояния городской среды, по значениям которого составляется итоговая карта экологической оценки территории города с выделением районов с различным уровнем экологической напряженности от благоприятной до критической.

ГИС являются инструментом для решения пространственных задач на региональном уровне. Так, например, использование ГИС-технологий позволяет решить комплексные задачи по воздействию радиационных объектов, распространению и накоплению загрязнения в окружающей среде [9]. Большое значение ГИС-технологии имеют для разработки и формирования сетей мониторинга окружающей среды на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Несмотря на очевидную необходимость и целесообразность создания и использования ГИС для принятия решений в области природопользования, процесс осложняется финансовыми и техническими трудностями, а также недостатком квалифицированных кадров. В связи с этим большое значение в высшем профессиональном образовании по направлению «Экология и природопользование» наряду с теоретическими курсами имеют дисциплины,



Рис. 3. Структура ГИС для комплексной эколого-градостроительной оценки территории города [4]

связанные с использованием ГИС-технологий. Многолетний опыт подготовки специалистов разного уровня (бакалавров, специалистов, магистров) на кафедре рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова показывает, с одной стороны, необходимость таких курсов, с другой — большой интерес студентов к возможностям, которые дают ГИС-технологии для научной и практической деятельности [2].

В рамках учебного процесса основной акцент в освоении ГИС-технологий ставится на аспекты, связанные с изучением и овладением принципами и механизмами создания, организации и функционирования ГИС, ориентированных на информационное обеспечение разномасштабных проектов в области природопользования. При разработке структуры базы данных особое внимание уделяется изучению и анализу необходимого и достаточного информационного обеспечения для разработки комплекса мероприятий по управлению природопользованием. В плане овладения практическими навыками геоинформационных исследований первоначальным этапом в изучении является освоение методов комплексного системного картографирования природопользования; создания и использования картографических баз данных и материалов дистанционного зондирования в проблемно-ориентированных ГИС. Опираясь на полученные теоретические и практические знания, переходят к этапу непосредственного изучения основ геоинформационного картографирования и компьютерной обработки материалов

дистанционного зондирования, получение практических навыков использования геоинформационных технологий в природопользовании и геоэкологии.

Таким образом, основной акцент в учебном процессе делается на информационное обеспечение в создании ГИС для решения поставленных практических задач в области природопользования и геоэкологии. Освоение ГИС-технологий требует знания фундаментальных разделов естественных и математических наук, информатики, основ картографии, аэрокосмических методов исследования и обработки дистанционной информации, создания баз данных, а также основ природопользования и экологии, экономики и управления природопользованием.

В учебных программах по изучению ГИС-технологий в природопользовании, таких как «Геоинформационные технологии в природопользовании» (для бакалавров), «Геоинформационные системы в управлении природопользованием» (для магистров), «Региональные ГИС в управлении природопользованием» (для специалистов) и др., можно выделить ряд основных разделов [2]:

- теоретико-методологические основы создания и организации ГИС, ориентированных на проблемы природопользования;
- принципы геоинформационного картографирования и его роль в решении проблем регионального природопользования;
- существующее информационное обеспечение системы принятия решений в области управления природопользованием;
- принципы создания комплексных и отраслевых ГИС;
- использование ГИС в организационной структуре управления;
- особенности технического и программного обеспечения ГИС;
- реализация ГИС в области природопользования и охраны окружающей среды.

Опыт преподавания (более 20 лет) дисциплин, связанных с ГИС-технологиями показал востребованность этого направления среди выпускников кафедры рационального природопользования, использующих полученные знания в своей практической работе. Поэтому среди формируемых у студентов навыков и компетенций важнейшей следует считать их способность самостоятельно формулировать и решать профессиональные задачи с применением геоинформационных технологий.

Литература

1. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Поляков М.М. Муниципальные ГИС: информационное обеспечение экологического контроля / под ред. М.М. Полякова. Вологда: Вологодский научно-координационный центр РАН, 2006. 250 с.

2. Воробьева Т.А., Зенгина Т.Ю., Тульская Н.И. Программа учебной дисциплины «Геоинформационные технологии в природопользовании» // Программы дисциплин профессиональной подготовки по направлению «Экология и природопользование»: учебно-методические материалы. М.: Географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, 2013. С. 216–224.

3. Воробьева Т.А., Марголина И.Л. Муниципальные ГИС в целях оптимизации природопользования и решения экологических проблем // Геодезия и картография. 2013. № 5. С. 28–35.
4. Воробьева Т.А., Могосова Н.Н. Анализ состояния городской среды с использованием ГИС // ИнтерКарто-ИнтерГИС – 19: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Международной конференции / под ред. В.С. Тикунова и др. Курск, 2013. С. 56–62.
5. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Симонов Ю.Г. и др., Географическая концепция формирования геоинформационных систем для управления сельскохозяйственным производством // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1989. № 4. С. 3–10.
6. Марголина И.Л. Методика расчета потенциальной экологической устойчивости территории на примере Лужского района Ленинградской области // Экологические системы и приборы. 2011. № 7. С. 9–12.
7. Основы геоинформатики: в 2 кн.: учеб. пособие для студ. вузов / Е.Г. Капранов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2010. Кн. 1. 400 с.; Кн. 2. 432 с.
8. Kalioujnaia I., Carsjens G.J., Vorobyova T., Kalioujnaia N. Supporting the regional nature park management in Russia // Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceedings of the 15th Intern. Conf. InterCarto – InterGIS. Part II. Ghent, 2009. P. 83–96.
9. Kuzmenkova N., Vorobyova T. Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola peninsula // Journal of Geochemical Exploration. 2015. № 154. P. 194–199.
10. Velichkin V.I., Vorobyova T.A., Evseev A.V., Miroshnikov A.Yu. Radioecological Environment and Radiogeochemical Regionalization of Northwestern Russia // Doklady Earth Sciences. 2013. Vol. 453. Part I. P. 1154–1157.
11. ArcReview. Электронное издание по геоинформатике. URL: <http://www.data-plus.ru/Arcrev/index.htm>.
12. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциация. URL: <http://www.gisa.ru>.

Literatura

1. Vorob'eva T.A., Polivanov V.S., Polyakov M.M. Municipal'ny'e GIS: informacionnoe obespechenie e'kologicheskogo kontrolya / pod red. M.M. Polyakova. Vologda: Vologodskij nauchno-koordinacionny'j centr RAN, 2006. 250 s.
2. Vorob'eva T.A., Zengina T.Yu., Tul'skaya N.I. Programma uchebnoj discipliny' «Geoinformacionny'e tehnologii v prirodopol'zovanii» // Programmy' disciplin professional'noj podgotovki po napravleniyu «E'kologiya i prirodopol'zovanie»: uchebno-metodicheskie materialy'. M.: Geograficheskij f-t MGU imeni M.V. Lomonosova, 2013. S. 216–224.
3. Vorob'eva T.A., Margolina I.L. Municipal'ny'e GIS v celyax optimizacii prirodopol'zovaniya i resheniya e'kologicheskix problem // Geodeziya i kartografiya. 2013. № 5. S. 28–35.
4. Vorob'eva T.A., Mogosova N.N. Analiz sostoyaniya gorodskoj sredy' s ispol'zovaniem GIS // InterKarto-InterGIS – 19: Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i prakticheskij opyt': materialy' Mezhdunarodnoj konferencii / pod red. V.S. Tikunova i dr. Kursk, 2013. S. 56–62.
5. Vorob'eva T.A., Polivanov V.S., Simonov Yu.G. i dr. Geograficheskaya koncepciya formirovaniya geoinformacionny'x sistem dlya upravleniya sel'skoxozyajstvenny'm proizvodstvom // Vestnik MGU. Ser. 5. Geografiya. 1989. № 4. S. 3–10.

6. *Margolina I.L.* Metodika rascheta potencial'noj e'kologicheskoy ustojchivosti territorii na primere Luzhskogo rajona Leningradskoj oblasti // E'kologicheskie sistemy' i pribory'. 2011. № 7. S. 9–12.

7. *Osnovy' geoinformatiki: v 2 kn.: ucheb. posobie dlya stud. vuzov / E.G. Kapralov, A.V. Koshkarev, V.S. Tikunov i dr.; pod red. V.S. Tikunova.* M.: Akademiya, 2010. Kn. 1. 400 s.; Kn. 2. 432 s.

8. *Kalioujnaia I., Carsjens G.J., Vorobyova T., Kalioujnaia N.* Supporting the regional nature park management in Russia // Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceedings of the 15th Intern. Conf. InterCarto – InterGIS. Part II. Ghent, 2009. P. 83–96.

9. *Kuzmenkova N., Vorobyova T.* Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola peninsula // Journal of Geochemical Exploration. 2015. № 154. P. 194–199.

10. *Velichkin V.I., Vorobyova T.A., Evseev A.V., Miroshnikov A.Yu.* Radioecological Environment and Radiogeochemical Regionalization of Northwestern Russia // Doklady Earth Sciences. 2013. Vol. 453. Part I. P. 1154–1157.

11. ArcReview. E'lektronnoe izdanie po geoinformatike. URL: <http://www.dataplus.ru/Arcrev/index.htm>.

12. Geoinformacionny'j portal GIS-Associaciya. URL: <http://www.gisa.ru>.

*T.A.Vorobyova,
I.L.Margolina*

**Information Support in Solving Problems
in the Field of Environmental Management:
Educational and Practical Aspects**

The article considers information support in solving problems in the field of environmental management. Conceptual approaches to organization of information flows that necessary to support management decisions on the basis of geographic information systems (GIS) are given. Considerable attention is paid to the issues of higher education in the field of “Ecology and environmental management”, connected with studying GIS-technologies. The basic tasks of mastering GIS-technologies and sections of training programs in this direction are provided.

Keywords: regional (complex) and sectoral GIS; environmental management; environmental situation; information flows; training (educational) programs.