

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра экологии и охраны природы

**А.Б. Торбенко**

# **Экологическое картографирование**

*Методические рекомендации*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2015*

УДК 528.94:502.1(075.8)  
ББК 26.17я73+28.081я73  
Т59

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 29.06.2015 г.

Автор: старший преподаватель кафедры экологии и охраны природы ВГУ имени П.М. Машерова **А.Б. Торбенко**

Рецензент:  
доцент кафедры географии ВГУ имени П.М. Машерова,  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент  
*И.А. Красовская*

Научный редактор:  
заведующий кафедрой экологии и охраны природы  
ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук,  
доцент *И.А. Литвенкова*

**Торбенко, А.Б.**  
**Т59** Экологическое картографирование : методические рекомендации / А.Б. Торбенко. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 51 с.

Учебное издание подготовлено в соответствии с базовой учебной программой по курсу «Экологическое картографирование» для студентов-экологов биологического факультета. Излагаются теоретические основы и прикладные аспекты использования картографических методов в экологических исследованиях. Рассмотрены вопросы применения ГИС и спутниковой навигации в экологии.

Предназначается для студентов отделений очного и заочного обучения по специальности «Биоэкология».

УДК 528.94:502.1(075.8)  
ББК 26.17я73+28.081я73

© Торбенко А.Б., 2015  
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2015

## ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Экологическое картографирование является отраслью тематического (геологического, геоморфологического, почвенного и др.) картографирования и *посвящено пространственной характеристике процессов взаимодействия деятельности организмов с окружающей средой.*

*Экологическое картографирование – это наука о способах сбора, анализа и картографического представления информации о состоянии среды обитания человека и других биологических видов, т.е. об экологической обстановке.*

*Целью* экологического картографирования является анализ экологической обстановки и ее динамики, выявление пространственной и временной изменчивости факторов природной среды, воздействующих на здоровье человека и состояние экосистем.

В качестве *основного объекта* экологического картографирования разными авторами рассматриваются: экосистемы разного ранга, масштабы антропогенного давления на среду, биота, природоохранные мероприятия, взаимоотношения организмов и среды, экологические ситуации.

### **1.1. Области применения методов и результатов экологического картографирования**

Экологическая информация крайне многообразна как по происхождению, так и по содержанию, и чаще всего единственным, что объединяет разнородные сведения, является их принадлежность к определенной территории. В связи с этим экологическое картографирование, которое позволяет работать с любыми пространственно определенными данными, выполняет сегодня роль универсального метода анализа экологической информации.

Экологическое картографирование в наибольшей степени ориентировано на обслуживание различных программ и проектов природоохранной направленности, в рамках которых выделяются следующие направления, требующие картографического обеспечения:

- *научно-исследовательская работа;*
- *практическая деятельность по охране атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и недр, растительности и животного мира, ландшафтов и экосистем и др.;*
- *экологическое образование и воспитание.*

При *картографическом обеспечении научно-исследовательских работ природоохранной направленности* карты выполняют функции:

- *средства исследования* (в этом качестве выступает, главным образом, топооснова), используемого для решения вопросов организации работ и территориальной привязки результатов;
- *предмета исследования* (как упрощенная модель объективно существующего явления). Для этой цели могут использоваться как топографические, так и тематические карты, по своему содержанию и точности пригодные для решения научных и прикладных задач

***Картографическое обеспечение практической деятельности*** в наиболее полном объеме реализуется при разработке и выполнении целевых экологических программ. Широко применяется оно также в заповедном деле. Требования к картографическому обеспечению природоохранной практики существенно различаются в зависимости от конкретного назначения карт. Содержание и оформление рекомендательных, инвентаризационно-оценочных и прогнозных карт регламентируются общими требованиями к проектной документации. Создание контрольных карт не жестко регламентировано. В процессе мониторинга наибольшее значение приобретает оперативность, поэтому данная составная часть экологического картографирования особенно интенсивно компьютеризируется.

Качество исполнения картографических материалов природоохранных программ зависит от характера исходной информации (результаты специально проведенных исследований, фондовые и статистические материалы и др.).

Существуют примеры использования результатов и методов экологического картографирования и в других отраслях практической деятельности. Так, по мере развития рынка недвижимости оценки экологической обстановки оказывают все более существенное влияние на стоимость жилья и земельных участков. Это обстоятельство определяет спрос на создание достоверных экологических карт для данной сферы деятельности.

***Картографическое обеспечение экологического просвещения, образования и воспитания*** заключается в создании картографических материалов, согласованных с учебными программами курсов экологии и охраны природы, а также соответствующими разделами географии.

Учебные экологические карты служат иллюстративным материалом и принципиально не отличаются от других учебных карт. Общим для учебных карт любого содержания является приоритет наглядности перед точностью и полнотой, использование контрастных цветов, крупных обозначений и надписей.

Новым элементом экологического просвещения является издание соответствующих специальных карт и атласов, ориентированных на широкие слои общественности. Для широких слоев общественности большой интерес, например, представляет сравнительная характе-

ристика территориальных единиц по комфортности проживания, по возможности с гигиеническими и экономическими оценками.

## **1.2. Классификации экологических карт**

Поскольку число классификационных признаков может быть практически так же безгранично, как и число экологических проблем и подходов к их изучению, существует целый ряд классификаций экологических карт.

Относительно устоявшейся и общепризнанной в настоящее время является **классификация по научно-прикладной направленности**, в рамках которой выделяются карты:

- *инвентаризационные*, т.е. нацеленные на учет и описательные характеристики природных объектов;
- *оценочные*, т.е. характеризующие соответствие состояний и условий природной среды каким-либо критериям и/или нормативам;
- *прогнозные*, т.е. отображающие предполагаемые и/или недоступные для непосредственного изучения природные объекты и их свойства;
- *рекомендательные*, т.е. направленные на оптимизацию и гармонизацию отношений в природной среде, предотвращение или смягчение неблагоприятных явлений и их последствий.
- *контрольные, или карты мониторинга* (предназначаются для отслеживания ситуаций по мере реализации рекомендованных мероприятий).

**Классификация по назначению**, рассмотренная выше, включает:

- *карты для научно-исследовательских работ* природоохранной направленности (с дальнейшими подразделениями согласно структуре научных дисциплин об окружающей среде и ее охране);
- *карты для практической природоохранной деятельности* (в том числе инвентаризационно-оценочные, прогнозные, рекомендательные, контрольные);
- *карты для экологического просвещения, образования и воспитания.*

Специфическим для экологических карт является их подразделение **по источникам исходной информации** на карты, составленные на основе:

- *дистанционного зондирования;*
- *статистических данных и их обработки;*
- *полевого картографирования и мониторинга;*
- *изучения состояния биоиндикаторов;*
- *обобщения материалов из разных источников*

Примером **классификации**, построенной **на основе анализа практики**, может являться предложенное географами Института географии РАН, подразделение карт на следующие группы:

- *карты оценки природных условий и ресурсов для жизни и деятельности человека;*

- карты неблагоприятных и опасных природных условий и процессов
- карты антропогенных воздействий и изменений природной среды;
- карты устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям;
- карты охраны природы и природоохранных мероприятий;
- медико-географические карты;
- карты рекреации;
- комплексные экологические карты.

Вполне очевидны также классификации экологических и эколого-географических карт **по масштабу и территориальному охвату, по широте темы** (общие и частные, аналитические и синтетические).

В экологическом картографировании, все еще находящемся в стадии формирования, освоены далеко не все практически необходимые сюжеты, поэтому вопрос прикладной классификации карт остается открытым.

## ТЕМА 2. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА

Топографическая карта – это общегеографическая, крупномасштабная карта. В Беларуси топографические карты создаются в масштабах 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000.

Карты более мелких масштабов составляются по топографическим картам. Среди них выделяется группа карт масштабов от 1:200000 до 1:1000000, которые по ряду своих признаков сходны с топографическими, но, в то же время, по некоторым свойствам резко отличаются от последних. Их называют *обзорно-топографическими*.

На любой карте, в том числе и топографической, имеются **две группы элементов: математические и географические**.

### 2.1 Математические элементы топографической карты

**Математические элементы** создают точную геометрическую основу для нанесения географических элементов. К ним относятся *масштаб, картографическая проекция, геодезическая основа, рамка и компоновка карты*. К этой же группе элементов близки *разграфка и номенклатура топографических, системы координат, ориентировочные углы*.

К **географическим элементам** карты относятся все объекты и явления действительности, изображаемые на карте условными знаками и их сочетаниями.

#### Масштаб.

**Масштабом** называют сравнение каких-то величин на карте (плане, глобусе) с горизонтальными размерами соответствующих им

величин на местности. Этими величинами являются или длины, или площади. Масштаб может быть представлен в трех формах выражения: 1. Натуральный (именованный, словесный); 2. Численный; 3. Графический (линейный).

**Численным масштабом** называется отношение или дробь, числитель которой равен 1, а знаменатель показывает, во сколько раз объекты на карте уменьшены по сравнению с реальными объектами. Чем больше знаменатель, тем более мелким считается масштаб, и наоборот масштаб считается тем крупнее, чем меньше знаменатель.

Численный масштаб универсален и может использоваться в любой системе мер.

**Графическим масштабом** называется графическое построение, которое позволяет почти без вычислений превращать длины, измеряемые на карте, в соответственные длины на местности.

Масштаб топографических карт практически постоянен на всем листе. Поэтому на топографической карте, как и на плане, можно проводить любые измерения без введения поправок.

### **Проекция топографических карт.**

Именно картографическая проекция топографических карт обеспечивает практически несущественные искажения, которыми можно пренебречь. На топографических картах используется так называемая *поперечная цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера*. Для построения топографических карт при этом прибегают к многополосному изображению земного эллипсоида, когда на плоскость переносят узкие сфероидические двугольники (зоны), ограниченные меридианами с разностью долгот  $6^\circ$  (зона Гаусса-Крюгера). Осевой меридиан зоны и экватор изображаются прямыми взаимно перпендикулярными линиями. Все остальные меридианы и параллели – кривые.

Наибольшие искажения длин в пределах зоны (на крайнем меридиане в точке экватора) не превышают 0,0014, а искажение площадей – 0,0027 их истинного значения. Таким образом, погрешности в площадях, в положении контуров на карте значительно меньше технической точности воспроизведения карт в печати, отклонений за счет деформации бумаги и т.д.

### **Разграфка и номенклатура топографических.**

*Разграфкой* называется система деления земной поверхности на сфероидические трапеции, которые и изображаются на листах топографических и обзорно-топографических карт в определенном масштабе.

*Номенклатура* – система обозначений – специфический своеобразный адрес каждой из таких трапеций, который определяет её положение на земной поверхности.

Разграфка и номенклатура в нашей стране базируется и основывается на разграфке и номенклатуре международной карты масштаба 1:1000000.

Границами колонн при разграфке миллионной карты на земном эллипсоиде служат меридианы, которые являются также границами зон Гаусса-Крюгера.

**Разграфка карт с масштабом 1: 1000000.** Между меридианами, проведенными через  $6^\circ$ , образуются колонны, которые нумеруются арабскими цифрами с запада на восток. Отсчет колонн идет не от Гринвичского меридиана, а от противоположного от него.

Сферические пояса, проведенные через  $4^\circ$  между параллелями, называются рядами. Ряды обозначаются латинскими буквами от А до V. Z- сферический сегмент около полюса (двухградусный). Для обозначения полушарий перед обозначением рядов ставятся маленькие буквы n и s (север, юг).

В результате образуются сфероидические трапеции, номенклатура которых состоит из обозначения ряда и номера колонны.

**Разграфка и номенклатура карт с масштабом 1: 500 000, 1:200000 и 1:100000.** Проводится на основе листа карты масштаба 1:1000000.

Для карт масштаба 1:500000 проводится средний меридиан и средняя параллель на территории листа масштаба 1:1000000. Номенклатура получившихся 4-х листов складывается из номенклатуры листа в масштабе 1:1000000 плюс один из четырех символов – А, Б, В, Г (например, N-36-A).

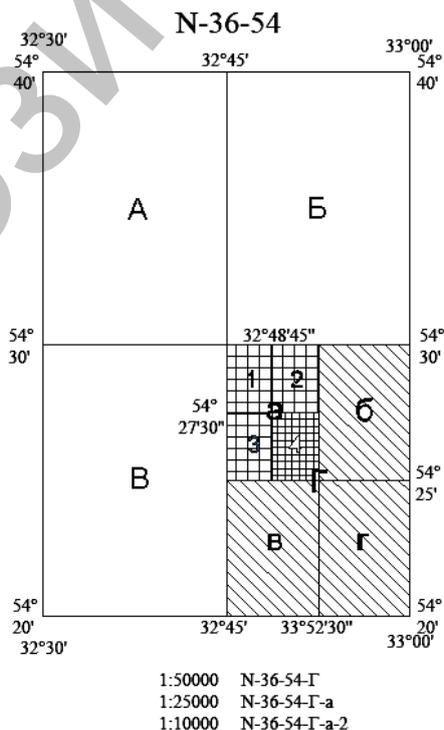


Рис. 1. Разграфка и номенклатура карт с масштабом 1: 50 000, 1:25000, 1:10000

Разграфка карт масштаба 1:200000 состоит из деления листа масштаба 1:1000000 на 36 частей путём проведения меридианов через  $1^{\circ}$  и параллели через  $40'$ . Номенклатура складывается из номенклатуры 1:1000 000 масштаба плюс одна из римских цифр от I до XXXVI (например, N-36-XV).

При разграфке карт с масштабом 1:100000 территория, занимаемая листом 1:1000000 масштаба, делится на 144 части путём проведения 11 параллелей через  $20'$  и 11 меридианов через  $30'$ , т.е. деление на 12 поясов и 12 колонн. Номенклатура складывается из номенклатуры 1:1000 000 масштаба плюс одна из арабских цифр от 1 до 144 (например, N-36-54).

**Разграфка и номенклатура карт с масштабом 1: 50 000, 1:25000, 1:10000.** Разграфка и номенклатура базируется на разграфке и номенклатуре карт от масштаба 1:100 000. Разграфка состоит в том, что проводится средний меридиан и средняя параллель для листа предыдущего масштаба (рис. 1).

Номенклатура полученных четырех планшетов масштаба 1:50000 складывается из номенклатуры 1:100 000 масштаба плюс одна из букв (А, Б, В, Г).

Номенклатура планшетов 1:25000 складывается из номенклатуры масштаба 1:50 000 плюс одна из строчных букв – а, б, в, г.

Номенклатура карт 1:10000 складывается из номенклатуры масштаба 1:25 000 плюс одна из арабских цифр – 1,2,3,4.

## **2.2 Географическое содержание топографических карт**

Географическое содержание топографической карты выражено с помощью **условных знаков**. Из-за исключительного разнообразия изображаемых объектов к условным знакам предъявляются очень строгие требования: простота, достаточная отличимость каждого от остальных, характеристика основных свойств изображаемого объекта и т.п.

Различают 3 группы условных знаков:

- **масштабные** (отображают на топографических картах географическое положение объектов и их геометрические очертания в плане);
- **внемасштабные** (для объектов имеющих слишком малые размеры, которые невозможно отразить в масштабе карты);
- **линейные** (условные знаки автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередач – масштабны по длине, а ширина их внемасштабна).

Кроме географических условных знаков, для всякого рода числовых характеристик применяются цифры, а для качественных характеристик и для собственных имен (названий) – надписи и буквенные индексы. Цвет, размер и шрифт (рисунок) цифр и букв в свою очередь всегда имеют определенное значение, т.е. тоже выражают какую-либо характеристику.

Очевидно, что на топографических картах все множество реальных объектов изображено быть не может. Поэтому производится отбор по ряду признаков – размеры, значимость среди однородных объектов, характерность, типичность или, наоборот, исключительность для данного ландшафта и т.п. Этот процесс отбора объектов и обобщения их изображения называется **картографической генерализацией**.

### **Физико-географическое содержание**

На топографических картах присутствуют **элементы физико-географического и социально-экономического содержания**. В физико-географическом содержании топографических карт можно выделить изображение **рельефа, гидрографии, растительности и грунтов**.

**Изображение рельефа** составляет одну из главных и обязательных частей физико-географического содержания топографической карты. Это объясняется тем, что рельеф во многом определяет характеристики природного ландшафта и его элементов.

В настоящее время на топографических картах приняты два способа изображения рельефа: **способ отметок и способ горизонталей**.

Отметка характерна для точки. Поэтому, чтобы показать рельеф достаточно полно, необходимо на листе карты обозначить большое количество точек и подписать их отметки; но при этом отметки промежуточных точек останутся неизвестными для потребителя карты, которому именно они могут быть нужны. Крутизну и ориентировку склонов, а также формы рельефа отметки не передают. Способ отметок по этим причинам применяется редко при невозможности применить способ горизонталей.

Способ горизонталей основан на следующем геометрическом приеме: топографическая поверхность представляется пересеченной рядом горизонтальных поверхностей; линии сечения, образующиеся при этом, и есть горизонтали. Все точки горизонталей имеют одинаковую отметку.

Учитывая эти особенности горизонталей можно определить ее, как **линию на топографической поверхности, все точки которой имеют одинаковую отметку**.

Разность отметок двух соседних секущих поверхностей есть **высота сечения рельефа или высота сечения**.

Спроектированные на плоскость горизонталей составляют изображение рельефа.

Существует строго определенная зависимость между высотой сечения, расстоянием между горизонталями и углом наклона топографической поверхности. При одной и той же высоте сечения расстояние между соседними горизонталями будет тем меньше, чем

больше угол наклона, и наоборот, тем больше, чем он меньше. Если горизонталы не подписаны то направление склона определяется по **берг-штрихам** – маленьким черточкам у горизонталей, направленным в сторону уменьшения высоты.

Пользуясь методом горизонталей можно определить высоту любой точки между горизонталями, крутизну склона, ориентировку формы рельефа.

Кроме основных горизонталей иногда приходится пользоваться *дополнительными* горизонталями, которые проводят через половину сечения и обозначают крупным пунктиром. Есть *вспомогательные* горизонталы, они проводятся в любой точке и обозначаются мелким пунктиром (четверть горизонтали). Каждая пятая основная горизонталь *утолщенная*.

Мелкие, но важные формы рельефа, которые нельзя показать этим методом изображаются *условными знаками*, например, *курган, яма, обрывы* и др.

**Гидрографическая сеть** (водные объекты) отображается на топографических картах весьма разносторонне и подробно, поскольку ее значение очень велико как для формирования природных особенностей территории, так и для хозяйства и обороны. На картах показывают все водные объекты – береговые линии океанов, морей, озер и других водоемов; реки, ручьи, каналы и канавы; естественные и искусственные источники (ключи, родники, колодцы); гидротехнические сооружения. Контуры озер, прудов, береговая линия рек показываются по уровню воды в самый маловодный период.

В зависимости от ширины русла и масштаба карты **реки** показывают в одну или в две линии. Все реки и ручьи наносят на крупномасштабные карты до масштаба 1:100000 включительно. Реки на картах имеют следующие характеристики: ширину (ширина реки считается между ее берегами в межень летом), направление и скорость течения в межень, глубину и качество дна в местах бродов. В ряде мест вдоль реки даются урезы воды – абсолютные высоты уровня воды в реке (над уровнем моря). Скорость (в метрах в секунду) подписывается вдоль стрелки, указывающей направление течения. Кроме того, на реках показывают пороги, водопады, навигационные и гидротехнические сооружения, а также средства переправы. Шрифт собственного названия реки отражает ее судоходность. Каналы и канавы при ширине до 3 м обычно даются одной линией, а более 3 м – в две линии. Реки, часть года русла которых местами или целиком сухие считаются пересыхающими; они изображаются штриховым пунктиром.

**Озера и искусственные водоемы** даются на картах, если площадь их изображения не менее 1 мм<sup>2</sup>. Меньшие по площади водоемы показывают, когда они являются истоками рек, или находятся в без-

водных районах, или имеют лечебное значение. У пересыхающих озер береговая линия показывается штриховым пунктиром. При неопределенном очертании берегов (зарастающее озеро переходит в болото) они изображаются точечным пунктиром. На картах изображаются также *колодцы, источники, плотины, шлюзы, пристани, молы и другие гидротехнические сооружения.*

На топографических картах дается изображение **растительности и грунтов**, позволяющее судить об условиях проходимости местности и условиях видимости, а также о хозяйственном использовании и в некоторой степени о хозяйственных возможностях данной территории. Четкие границы растительного покрова и грунтов показывают на картах черным точечным пунктиром. Неопределенные границы на участках взаимного проникновения отдельных форм изображают расстановкой соответствующих условных знаков в смежных угольях.

Особо отображаются на картах различные *группы культурной растительности*: полевые, огородные и бахчевые культуры, растительность садов, лесные питомники, растительность парков, саженных лесов.

Сплошная *древесная растительность* (лес), изображается на карте зеленым цветом, на фоне которого дают характеристику древостоя, указывая высоту и средний диаметр стволов на высоте 1,5 м и среднее расстояние между деревьями. *Просеки* шириной более 1,5 м показывают на всех топографических картах, причем на картах масштаба 1:50000 и крупнее подписывают их ширину. Если участок леса на карте имеет площадь менее 4мм<sup>2</sup>, его изображают знаком отдельной рощи. Иногда на местности встречаются леса, где между кронами наблюдаются значительные промежутки, это так называемые *редко-лесья*. Их площади на карте заполняются особыми контурными значками. Также особыми значками наносят на топографические карты *вырубленные и горелые леса*, участки с поваленными ветром деревьями (*буреломы*).

Территории со сплошными зарослями *кустарников* оконтуривают на карте и окрашивают в светло-зеленый цвет. На этом фоне указывают породу и среднюю высоту кустарников. Редкие кустарники и отдельные кусты изображают контурными значками.

На топографических картах особыми знаками показывают *луговую растительность, камыши и тростники*. При изображении на топографических картах *болот* их подразделяют на проходимые, труднопроходимые и непроходимые. На крупномасштабных картах в нескольких местах площади болота указывают глубину болота до твердого грунта.

Из грунтов на карте показывают лишь *скальные выходы, глинистые, щебенчатые участки, каменные поверхности, скопления песков и камней.*

### **Изображение социально-географических объектов.**

**Населенные пункты** являются одним из важнейших элементов содержания топографической карты.

Населенные пункты различают по *типу поселения, числу жителей* (людности) и *политико-административному значению*. Эти признаки отображаются с помощью шрифта и размера надписей названия населенных пунктов, а также путем добавления сокращенных подписей РС (для районного центра) и СС (для центра сельского Совета). Под названием сельских поселений подписывают число домов. Чем крупнее подписи названий, тем больше людность поселения и важнее его административное значение.

На топографических картах отражают *конфигурацию, планировку, материал застройки* населенных пунктов. Подробность показа этих черт в значительной степени зависит от масштаба карты. Только при масштабах крупнее 1:10000 возможно точное изображение ширины улиц и всех размеров и формы отдельных строений. На всех картах более мелкого масштаба ширина проездов несколько преувеличена, очертания строений упрощены. Застроенные части объединяют на картах в *кварталы*, которые в масштабах 1:25000 и 1:50000 заштриховывают или окрашивают, чтобы показать преобладающий материал застройки. Двойная штриховка (накрест) или оранжевая окраска применяются для изображения огнеупорного материала строений (кирпич, камень, железобетон); одинарная штриховка или желтая краска служат для характеристики деревянных и других неогнеупорных строений.

Среди кварталов стремятся показать *выдающиеся здания, промышленные объекты, учреждения культуры, школы, больницы, вокзалы, учреждения связи* и т.д. На карте масштаба 1:100000 все кварталы изображают черным цветом независимо от огнеупорности застройки.

Вследствие значительного уменьшения, изображение населенных пунктов на картах всегда обобщено, генерализовано. Однако при создании карт по возможности сохраняется соотношение застроенных и незастроенных площадей (плотность застройки), выделяются основные улицы и проезды (путем преувеличения их ширины), кварталы объединяются с сохранением характера планировки.

**Хозяйственные объекты.** *Фабрики, заводы, шахты, карьеры, нефтяные и газовые скважины, нефте- и газопроводы, электростанции и линии электропередачи, водонапорные башни* и т.д. –

изображаются на картах внемасштабными условными знаками, которые иногда сопровождаются качественной характеристикой в виде пояснительной надписи (например, у знака карьера дают название полезного ископаемого: *пес.* – песок, *изв.* – известняк и т.д.). Особо показывают *пасеки, загоны для скота, скотомогильники*.

Из средств связи на картах показываются *радиостанции и радиомачты, телефонные и радиотелефонные конторы и линии связи*.

Многие *социально-культурные объекты* показывают знаком строения с соответствующей пояснительной подписью (*шк.* – школа, *бол.* – больница и т.д.). Некоторые даются условным знаком (например метеостанция, памятник и т.п.).

Дорожная сеть на топографических картах характеризуется очень подробно. Карты передают расположение, густоту и эксплуатационное состояние дорог, показывают придорожные сооружения и позволяют судить о пропускной способности дорог. Дороги изображают линейным знаком, в виде одной или нескольких линий разного рисунка, часто с окраской полосы между ними. Ширина знака всегда преувеличена, и ею отображают тип дороги, а не ее ширину.

*Рельсовые (железные) дороги* подразделяют на картах по числу путей (одно-, двух- и многопутные); по ширине колеи (широко- и узкоколейные); по характеру тяги (электрифицированные, с дизельной и паровой тягой, с конной и тракторной тягой, подвесные); по состоянию (действующие, строящиеся, разобранные). Кроме самих путей, особыми знаками на картах показывают связанные с ними сооружения – здания, мосты, насыпи, выемки, трубы и другие транспортные объекты. Некоторые графические обозначения сопровождаются количественными – цифровыми показателями (глубина выемок, высота насыпей).

*Автогужевые дороги* различают по их техническому устройству и покрытию. На картах показывают автострады, усовершенствованные шоссе, шоссе, улучшенные грунтовые дороги, грунтовые (проселочные) дороги, полевые и лесные дороги, зимние дороги, тропы (в малообжитых районах). Все постоянные дороги изображают на картах до масштабов 1:25000 и 1:50000.

Для суждения о пропускной способности дорог и их технических возможностях в разрыве условного знака дороги сокращенно указывают вид искусственного покрытия дороги (А – асфальтобетон, Ц – цементобетон, Б – булыжник и т.д.), ширину покрытой части и всего дорожного полотна между кюветами, например 6(10). Около знака дорог наносят условные обозначения мостов, труб для стока воды, насыпей, выемок, автозаправочных станций, средств переправы через водные рубежи (мосты, паромы, перевозы, броды) и пр. Для некоторых из названных объектов приводится их количественная харак-

теристика, так, на картах подписывают длину, ширину, грузоподъемность и материал мостов.

На топографических картах нашей страны показывают *государственные и областные границы, границы крупных особо охраняемых территорий*. Границы наносят с максимальной точностью прерывистыми линиями различного рисунка. На всем протяжении границу вычерчивают в случаях, когда она не совпадает с каким-либо линейным объектом местности. Если граница на местности идет вдоль реки, просеки, канала, ее на карте показывают в местах резких поворотов и отдельными отрезками с той стороны контура, где она в действительности проходит. В случае, когда граница совпадает с осевой линией какого-либо объекта (например, реки), ее вычерчивают на карте поочередно вдоль одной и другой стороны этого объекта.

На картах масштаба 1:100000 и крупнее линейным знаком изображают также *каменные и кирпичные стены, металлические ограды, дамбы*.

### **ТЕМА 3. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ**

Источники информации об экологической обстановке могут быть классифицированы:

- ◆ по ведомственной принадлежности (материалы государственных органов, предприятий, научно-исследовательских учреждений, общественных организаций);
- ◆ по научным методам и техническим приемам, использованным при получении информации.

#### **3.1. Классификация информационных источников по ведомственной принадлежности**

Среди организаций – источников экологической информации различают: 1) государственные органы и ведомства, 2) научные организации; 3) производственные (коммерческие) организации, 4) общественные (некоммерческие) организации.

##### **Государственные органы**

Государственные органы собирают информацию в основном для того, чтобы исполнять функции управления и контроля. Экологическая информация, содержащаяся в государственных органах, собрана, организована, проанализирована и оформлена в соответствии с их внутренними нуждами и требованиями, и возможность ее использования для

других целей (в том числе картографических) ограничена не только наличием необходимых сведений, но и формами представления.

Государственными органами, являющимися источниками экологической информации в Беларуси, являются:

– **структурные подразделения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды** (Отдел информации и связей с общественностью, Управление биологического и ландшафтного разнообразия, Управление регулирования воздействия на атмосферный воздух и водные ресурсы и т.д.);

– **территориальные органы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды** (областные и городские комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды);

– **государственные учреждения, подчиненные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды** (Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды (РЦРКМ), Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды, Республиканский гидрометеорологический центр и его областные подразделения, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие "Бел НИЦ "Экология" и др.);

– **Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья** Министерства здравоохранения РБ и его областные подведомственные учреждения;

– **Национальный статистический комитет Республики Беларусь и его территориальные подразделения;**

### **Научные учреждения**

Большим количеством информации о качестве окружающей среды располагают научные учреждения, как подчиненные указанным выше ведомствам, так и входящие в систему НАН РБ, а так же высшие учебные заведения. Нередко эти учреждения выполняют научно-исследовательские работы (НИР) по проблемам качества окружающей среды и обладают материалами, исключительно ценными в связи с экологической ситуацией в пределах тех или иных территорий. Однако сбор материалов научных учреждений сильно затруднен в связи с тем, что результаты НИР, выполненных даже в рамках одной ведомственной системы, находятся в распоряжении различных учреждений и их подразделений. Единого каталога, как правило, не существует. Ограничения на доступ к результатам нередко накладываются заказчиками.

Некоторая информация о работах научных организаций иногда содержится в официальных докладах. Кроме того, научные учреждения выпускают журналы и сборники научных трудов. Результаты ис-

следований разных организаций находят отражение в материалах научных конференций соответствующей тематики, а также обобщаются в реферативных журналах. По содержанию публикаций можно судить о тематике исследований и при необходимости решать вопросы доступа к материалам непосредственно с соответствующими научными подразделениями.

### **Коммерческие структуры**

К ним относятся организации, которые занимаются определением качества воды, воздуха или почвы на коммерческой основе. Некоторые такие фирмы организованы при подразделениях государственных организаций, например санэпидемслужбы. Другие действуют при научно-исследовательских институтах, или же сами институты выполняют за плату соответствующие измерения. Возможности использования информации коммерческих организаций в значительной степени зависят от того, располагает ли она аккредитованной лабораторией или сотрудничает с такими лабораториями, может ли оформить результаты измерений в виде официального документа; имеет ли на это лицензию.

### **Некоммерческие организации**

Некоммерческие (общественные) организации могут отбирать и направлять в аккредитованные лаборатории пробы воздуха, воды и почв, а при значительных масштабах деятельности и финансовых возможностях даже выступать заказчиками научно-исследовательских работ и обладать их результатами.

Общественные организации редко располагают систематическими сводами материалов, сколько-нибудь сопоставимыми с массивами данных, которые накапливают государственные организации. Лишь немногим из них по силам организация масштабных научных исследований, например с целью прогнозирования развития экологической ситуации.

Информация общественных организаций может быть полезной в отношении локальных ситуаций – состояния озера или леса, экологической ситуации микрорайона. Их работа заключается в сборе информации об экологической обстановке из различных источников и ее анализ. Общественная организация может работать и с проблемами большего масштаба, но именно на локальном уровне эта ниша практически свободна. Таким образом, *материалы общественных организаций могут использоваться для картографических целей при крупномасштабных работах, на локальном уровне природопользования, преимущественно для образовательных и просветительских целей.*

### **3.2. Классификация информационных источников экологического картографирования по применяемым научным методам и техническим приемам**

В общей сложности может быть выделено четыре источника информации об экологической обстановке:

- ◆ дистанционное зондирование;
- ◆ характеристики источников и объемов техногенных нагрузок;
- ◆ экспедиционные и стационарные исследования состояния компонентов природной среды;
- ◆ состояние биоиндикаторов.

Наибольший эффект дает комплексное использование информации из всех названных источников. Комплексность исследования не равнозначна сумме информационных источников и должна обеспечиваться:

- ◆ разграничением функций информации из разных источников, исходя из их возможностей и особенностей;
- ◆ взаимопроверкой и сопоставлением данных;
- ◆ интеграцией материалов в обобщающие характеристики.

#### **Дистанционное зондирование**

*Дистанционное зондирование* природных объектов базируется на использовании электромагнитных излучений, исходящих от предмета исследования.

*Дистанционные методы* исследования подразделяются на **пассивные**, т.е. основанные на улавливании излучений от естественных источников (Солнца, Луны, звезд, земной поверхности и самих изучаемых объектов), и **активные**, т.е. предполагающие использование искусственных источников излучения (ламп накаливания, газоразрядных ламп, лазеров).

Наибольшее применение среди пассивных дистанционных методов получили исследования в оптической области электромагнитного спектра (*фотографирование*), в том числе в разных диапазонах. Получаемые фотографические материалы доступны для непосредственного зрительного восприятия и анализа с помощью всего арсенала средств, разработанных в рамках картографического метода исследования. Космические и аэрофотоснимки обеспечивают территориально полное и непрерывное изучение больших площадей, состояние которых зафиксировано на единый момент времени. Это наиболее эффективно при работах, связанных с проблемами охраны земельных, водных и растительных ресурсов (состояние лесов, пастбищ и пахотных угодий; эрозия; засоление; заболачивание).

Возможности изучения загрязнения с помощью космо- и аэрофотографических методов в целом скромнее и относятся в большей

мере к территориальной, чем к количественной характеристике. В частности, имеется опыт картирования по космическим снимкам ореолов загрязнения снежного покрова вокруг городов, запыленности городской атмосферы и пр.

Возможности картографирования на основе космо- и аэрофото-снимков для разных территорий неравнозначны вследствие:

- неодинаковой обеспеченности соответствующими материалами (из-за особенностей траекторий космических аппаратов и различий в повторяемости благоприятных для съемок условий),

- зависимости возможностей дешифрирования от комплекса физико-географических факторов (облачность, растительный покров).

Высокая оперативность дистанционных методов, будучи неопределимым достоинством при решении задач мониторинга, превращается в недостаток, когда речь идет о картографировании осредненных за длительный период показателей.

Возможности дистанционного получения количественных характеристик загрязненности природных сред появились в связи с развитием *активных методов зондирования*. Толчком к этому послужило создание лазерных источников излучения (*лидаров*). Индикаторами состава атмосферы, в том числе присутствия *поллютантов*, служат явления, возникающие при прохождении лазерного луча через газовую среду: поглощение, рассеяние, флуоресценция. Прибором анализируется вторичный сигнал от искусственных (зеркальных) или естественных отражателей, в том числе стен зданий, деревьев. Преимущества *лидарных* методов мониторинга воздушного бассейна связаны с их высокой оперативностью, возможностью непрерывного контроля. Однако в основе их лежат весьма тонкие физические эффекты, что делает лидары сложными в научном и конструктивном отношении устройствами.

Лидарные методы быстро совершенствуются и в перспективе способны привести к революции в организации мониторинга воздушной среды. В то же время они едва ли в обозримой перспективе вытеснят традиционные методы вследствие сложности их аккредитации как методов количественного химического анализа, а также из-за недискретного (линейного) характера локализации получаемых величин. Кроме того, у лидарных методов и традиционных методов мониторинга разные условия наибольшей эффективности: первые применяются поверх застройки и вдоль магистралей; вторые – внутри застройки, где отсутствуют протяженные трассы для измерения.

Из других методов дистанционного зондирования, нашедших применение в экологическом картографировании, следует отметить *гамма-спектрометрический*. Его использование позволило перейти к сплошному картографированию радиационных полей.

## Характеристики источников и объемов антропогенных нагрузок

В качестве источника загрязнения окружающей среды могут рассматриваться:

- ◆ технологический процесс;
- ◆ точка выброса – труба, вентиляционный фонарь;
- ◆ региональная единица – промышленная зона, город, регион.

Методы мониторинга и картографирования подразумевают вторую или третью концепцию источника загрязнения, сообразно масштабу работ. Те же концепции лежат в основе существующей государственной системы учета загрязнений окружающей среды.

Объемы выбросов и сбросов определяют расчетным путем на основе отраслевых нормативов, и лабораторно-инструментальным путем, на основе отбора и анализа проб, применительно к каждой точке выброса и сброса. Далее в статистических формах данные обобщаются для предприятий; в Государственных докладах и Ежегодниках – на местном, региональном и общегосударственном уровнях. Информация об объемах образования и выделения загрязняющих веществ используется для оформления разрешений на выброс (сброс, захоронение) отходов и определения размеров платы за них, не является закрытой. Однако, доступ к таким данным по ряду причин затруднен.

Возможности использования характеристик источников загрязнения как исходных данных для экологического картографирования определяются массовостью и доступностью этой информации, с одной стороны, и относительно невысокой надежностью и объективностью – с другой. Данные об объемах загрязнений представляются организациями, объективно не заинтересованными в их полноте, на основе далеких от совершенства расчетных методик. Особенно далек от полноты учет выбросов и сбросов специфических веществ. Например, по официальным источникам, выбросы свинца в России составляют 0,7% мировых, тогда как потребление в промышленности – 2–3% мирового. При этом технический уровень предприятий не дает оснований для предположения о величине потерь свинца в 3–4 раза ниже мирового уровня. Для некоторых классов источников загрязнения (пылящие поверхности, передвижные источники, диффузное загрязнение от сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов) имеются лишь очень приблизительные методики, основанные на нормативных оценках, предполагающих допущения и упрощения.

Таким образом, в силу недостаточной достоверности исходных данных картографирование на основе характеристик источников загрязнения должно рассматриваться как не столько научная, сколько прикладная задача по приведению статистической отчетности к удобному для проверки картографическому виду. Эта задача решается путем математического моделирования процессов рассеяния.

## Экспедиционные и стационарные исследования загрязненности компонентов природной среды

Экспедиционные и стационарные исследования загрязненности компонентов природной среды включают:

- ◆ отбор проб;
- ◆ анализ проб с помощью методов количественного химического анализа;
- ◆ камеральную обработку результатов.

Методы отбора, анализа проб и статистической обработки результатов подробно регламентируются в ГОСТах. Важнейшая задача, менее поддающаяся регламентации и обычно решаемая географами, – выбор мест отбора проб. Задачи опробования по-разному решаются для динамичных (транспортирующих загрязнения) и депонирующих (накапливающих загрязнения) компонентов природной среды.

К первым относятся: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды (в пределах зоны активного водообмена); ко вторым – почвы, донные отложения, снег и лед, глубинные подземные воды (зона замедленного водообмена), растительные ткани. Естественная деконцентрация поллютантов в реках происходит в 70, а в почвах в 1400 раз медленнее, чем в воздухе. Различие между динамичными и депонирующими компонентами среды имеет не столько количественный, сколько качественный характер. Оно обусловлено разными соотношениями скоростей поступления и деконцентрации поллютантов. Следствием этого являются:

- ◆ сложная изменчивость концентраций в динамичных компонентах среды и относительное накопление в депонирующих;
- ◆ разная роль в биосфере, так как динамичные компоненты среды оказываются непосредственно жизнеобеспечивающими, тогда как депонирующие влияют на здоровье человека и состояние биоты в целом более или менее опосредованно.

Депонирующие компоненты среды имеют разный срок существования. Результаты их опробования могут характеризовать загрязненность за *весь период антропогенного воздействия* (почвы, донные отложения), за *ряд лет* (древесные ткани, кора) либо за *один сезон* (снежный покров, зеленые растительные ткани). Физико-химические методы анализа, применяемые для определения концентраций поллютантов, по точности, разработанности методик выполнения заведомо несопоставимы со всеми иными способами контроля природной среды.

Сопоставимость результатов, получаемых разными лабораториями, в настоящее время обеспечивается системой их государственной аккредитации. Для выявления грубых и систематических

ошибок предусмотрены процедуры статистической обработки результатов. Все это обеспечивает наибольшую, по сравнению с другими источниками, объективность и достоверность информации.

Проблемы, связанные с использованием аналитических данных об экологической обстановке, – это, прежде всего, проблемы обеспечения репрезентативности.

По сравнению с другими способами получения экологической информации опробование в наибольшей степени дискретно: в пространстве, во времени и по составу ингредиентов.

Следствие этого – неполнота, фрагментарность информации. На практике это означает возможность недоучета: источника загрязнения, оказавшегося в стороне от точек опробования; залпового выброса в интервале времени между отбором проб; поллютанта, не контролируемого в данной точке. Размеры такого рода потерь информации обратно пропорциональны детальности работ: густоте расположения точек, частоте отбора проб, полноте анализа.

### **Биоиндикаторы**

Состояние биоиндикаторов, т.е. организмов, чутко реагирующих на изменения внешней среды, – это своеобразный результирующий показатель экологической обстановки. К числу их очевидных достоинств относится постоянный характер восприятия внешних воздействий и объективность реакций на эти воздействия. Однако информация о содержании такого воздействия может быть получена только при изучении специфической реакции, т.е. такой, при которой происходящие изменения могут быть связаны с определенным фактором.

Биоиндикация может осуществляться на разных уровнях организации живой материи:

- ◆ по биохимическим и физиологическим реакциям;
- ◆ анатомическим, морфологическим и поведенческим отклонениям;
- ◆ флористическим и фаунистическим изменениям;
- ◆ биогеоценотическим изменениям.

Биоиндикация на уровне отдельного вида способна выявить по специфической реакции действие конкретного загрязнения; биоиндикация на уровне сообщества нацелена на оценку общего уровня загрязненности.

В целом преобладает использование растительных биоиндикаторов и данных медицинской статистики о состоянии здоровья населения. Реже практикуются биоиндикационные наблюдения за животными.

**Реакции растений на загрязнение воздуха.** Преимущества растительных биоиндикаторов, как инструментов мониторинга за-

загрязнения атмосферы, заключаются в относительной дешевизне, хорошей воспроизводимости результатов, непрерывности восприятия внешних воздействий.

Разработаны методы определения количественных показателей биоиндикационных реакций (например, показатели степени повреждения листовых пластин, индекс повреждения хвои). Подобные показатели либо балльные оценки применяются на уровне высших растений в целом и их сообществ. В частности, широкое распространение получила пятибалльная шкала оценки состояния деревьев.

При биоиндикации по низшим растениям в большей степени используются показатели видового разнообразия, такие как число видов лишайников, встречаемых в пределах условно выделенного квадрата городской территории. Однако показатели видового разнообразия в полной мере проявляются на достаточно больших (5–6 км<sup>2</sup> и более) площадях, при числе видов 350–400 и более, что не создает благоприятных предпосылок для высокой разрешающей способности получаемых в итоге карт.

Ограничения возможностей биоиндикации загрязнений обусловлены зависимостью реакции растений на загрязнение от, например, влажности, характера субстрата и других факторов. Кроме того, смеси загрязняющих веществ влияют на организмы иначе, чем те же ингредиенты по отдельности. Поэтому карты разнообразия флоры лишайников, отражающие загрязненность городской атмосферы (лихеноиндикационные), составленные для Стокгольма, Монреаля, Таллина, Санкт-Петербурга, опираются на местные закономерности и позволяют решать локальные задачи.

В Западной Европе параллельно с биоиндикацией атмосферных загрязнений развивается картографирование состояния растительности как самостоятельное направление экологических исследований и контроля качества среды. Наибольший опыт накоплен в Германии, где регулярно проводятся обследования лесов с оценкой состояния деревьев по пятибалльной шкале, с составлением соответствующих карт. Эти исследования не нацелены на получение однозначных результатов (в отношении поллютантов и их источников), но являются методом получения интегральной полуколичественной оценки экологической обстановки.

Использование растительных биоиндикаторов в экологическом картографировании в целом сдерживается характером их распространения. Возможности их выбора резко уменьшаются по мере роста степени нарушенности экосистем и достигают минимума на густонаселенных, сильно загрязненных территориях, т.е. там, где потребность в индикаторах максимальна.

**Применение медико-статистических характеристик.** В эколого-картографических целях применение медико-статистических характеристик тем эффективнее, чем выше плотность населения.

Несмотря на длительную историю медицинской статистики (в России, начиная с работ земских врачей 1870-х годов) и большого объемом накопленной информации, картографирование на этой основе не получило большого развития в силу ряда субъективных и объективных причин.

К субъективным относится

- преобладание в медико-географических исследованиях «внепространственных» подходов, с ориентацией на сопоставление показателей «опытных» и «контрольных» (относительно чистых) районов,
- разные подходы к группировке данных, выполненных разными организациями, приводит к несопоставимости результатов.
- при различиях в социально-экономическом положении и структуре локальных экологических проблем сопоставление показателей разных городов и выявление общих закономерностей становится проблематичным.

Объективные факторы, сдерживающие медико-географическое картографирование:

- сложный характер взаимоотношений человека, как существа биосоциального, с окружающей средой;
- проблема территориальной привязки показателей.

Влияние природно-территориальных различий на здоровье является предметом изучения медицинской географии. Неоднозначность реакций организма на природные и техногенно-преобразованные факторы окружающей среды дополнительно усиливается зависимостью от культурного уровня, традиций, соотношения коренного и приезжего населения.

*Проблема территориальной привязки медико-статистических данных* связана с противоречием между необходимостью определять показатели для достаточно больших (представительных) групп населения, численностью 25 тыс. человек и более, и желательностью использовать для картографирования как можно более мелкие территориальные единицы.

Эту проблему усугубляет существующая система статистического учета, позволяющая определять показатели для единиц административно-территориального деления. Такой выбор территориальных единиц для картографирования является наименее удачным вариантом.

## ТЕМА 4. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

### 4.1. Территориальная интерпретация эколого-географической информации

#### Географические границы

Границы природно-территориальных единиц важны для экологического картографирования постольку, поскольку они образуют геохимические и орографические барьеры на путях миграции поллютантов. При отсутствии препятствий загрязнения равномерно распространяются по всем направлениям. В этом случае уровень их концентрации становится функцией расстояния и оказывается возможным только выделение условных границ на основе количественных критериев (например, превышения или не превышения ПДК).

**Границы в атмосфере.** Характер переноса загрязнений в атмосфере определяется в первую очередь циркуляционным фактором и климатические границы, являются наиболее расплывчатыми по сравнению с другими природными границами. Количество таких границ на Земле невелико, а ширина (порядка сотен км) сопоставима с максимальной дальностью переноса большинства поллютантов. Поэтому климатические границы учитываются при картировании глобального загрязнения атмосферы наиболее устойчивыми поллютантами (например, роль атмосферных фронтов в изоляции Антарктиды и формировании «озоновой дыры»).

Для картирования региональных и локальных особенностей загрязнения атмосферы наибольшее значение имеют расположение и параметры источников выбросов, а также их перераспределение под воздействием элементов подстилающей поверхности. Барьеры на пути местной циркуляции поллютантов могут создавать:

- ◆ линейные положительные формы рельефа;
- ◆ побережья водоемов, размеры которых достаточны для формирования бризовой циркуляции;
- ◆ границы лесных массивов.

С точки зрения влияния на местную циркуляцию, искусственные сооружения могут рассматриваться как формы рельефа. Соответственно границы участков высотной застройки принимают характер локальных орографических рубежей, воздействующих на местную циркуляцию.

**Границы в гидросфере.** Условия переноса загрязнений в гидросфере резко различны для разных ее составных частей.

*Для рек* с развитой поперечной циркуляцией и русловыми деформациями устойчивы лишь поперечные границы, разделяющие отрезки русла с разной экологической ситуацией.

Известно повышенное накопление большинства металлов в илах, в связи с чем границы тел заиления разделяют зоны различных уровней загрязненности. Заиление оказывает неоднозначное влияние на экологическую обстановку. С одной стороны, скопления ила концентрируют поллютанты (особенно металлы), с другой – интенсивно зарастают макрофитами и в связи с этим могут выполнять роль биофильтров. В обоих случаях границы заиленных участков приобретают то или иное геоэкологическое значение.

Перенос загрязнений *в подземной гидросфере* происходит в гидродинамических зонах аэрации и активного водообмена с накоплением на тех или иных геохимических барьерах. Формы и размеры образующихся зон загрязнения подземных вод определяются направлениями потоков в зоне активного водообмена и их трансформациями в связи с техногенными воздействиями; при этом концентрации изменяются постепенно, без обособления резких границ.

**Биотические и почвенные границы.** Степень трансформации биоты и почв в наибольшей степени зависит от характера использования территории. Выделяются следующие основные функции использования территорий: заповедная, рекреационная, лесохозяйственная, сельскохозяйственная, промышленно-урбанистическая. Расположенные в приведенной последовательности функциональные типы использования территорий образуют объективно существующие ступени уровней преобразованности почв и биоты: от почти полной сохранности природного фона в пределах ООПТ до практически полного уничтожения естественных и создания искусственных почв, флоры и фауны в городах.

Обособлению границ территорий с различным типом использования способствует их юридическое оформление, а иногда и охрана (государственные границы, военные объекты, ООПТ, землевладения). В общем случае, чем выше юридический статус и эффективнее охрана границы землепользования, тем существеннее ее геоэкологическое значение в части, касающейся сохранности биоты и почв. Таким образом, различия в характере землепользования могут превращать условные границы в объективно существующие.

**Геологические и геоморфологические границы** обусловлены как последовательностью напластования различных по составу и свойствам пород (стратиграфические), так и возникшими вследствие их последующих деформаций нарушениями (тектонические). Они относятся к числу наиболее четких среди природных границ. При различии свойств разграничиваемых пород геологические границы проявляются в других компонентах ландшафта.

## **Репрезентативность показателей экологического картографирования**

Исследования природных объектов практически всегда имеют выборочный характер. Поэтому корректность их результатов зависит от степени репрезентативности используемых показателей. Это в полной мере относится и к экологическому картографированию.

*Репрезентативность показателей экологического картографирования определяет:*

*– точность, сравнимость и воспроизводимость наблюдений и измерений;*

это является предметом регламентации ГОСТов, методических руководств и иных нормативных документов. Вопросы регламентации измерений в наибольшей степени разработаны для контроля загрязнения атмосферы, гидросферы и систем водоснабжения, где строго закреплены методы отбора, анализа проб и представления результатов. В меньшей степени стандартизировано определение характеристик, относящихся к педосфере и состоянию здоровья населения. Методы обработки данных и получения обобщающих характеристик разработаны теоретически и в значительных масштабах опробованы на практике, но не закреплены в государственных нормативных документах, и вследствие этого имеются различия в способах обработки и представления данных.

*– выявление возможностей использования и значимости показателей в качестве характеристик степени трансформированности геосистем;*

Значимость показателей экологической обстановки в принципе может быть определена, например, в результате использования общенаучного принципа «черного ящика»: контроль входных (определение количеств поллютантов по компонентам среды) и выходных (продуктивность экосистем, состояние здоровья населения) параметров, а также связей между ними.

*– выбор точки пространства для проведения наблюдений и измерений.*

Для обеспечения пространственной составляющей репрезентативности показателей экологического картографирования большое значение имеет идея о выделении ядер типичности в природных и техногенных ландшафтах.

В первом приближении типичность может быть оценена по внешним (физиономическим) особенностям ландшафта, однако для большей точности целесообразно рассматривать типичность по компонентам среды. При этом признаки типичности достаточно субъективны и регламентации не поддаются. Вполне очевидна предпочтительность определения показателей именно в ядрах типичности ланд-

шафтов любого происхождения и ранга, с последующим распространением результатов на соответствующую территориальную единицу.

– **выбор момента времени для проведения наблюдений и измерений.**

В практике временной организации мониторинга пока преобладает ориентация на стандартизированные моменты времени и «круглые» цифры интервалов опробования. Такая организация наблюдений сложилась исторически и сыграла большую роль в обеспечении сопоставимости результатов. Однако, каждый процесс и явление в ландшафте характеризуются своей временной структурой. Поэтому определение характеристик динамичных геокомпонентов в стандартные сроки (если таковые установлены) целесообразно дополнять наблюдениями (измерениями, опробованием) в типичные моменты природных и производственных циклов.

Учет в сроках наблюдений ритмики природных процессов наиболее важен при изучении фоновых характеристик и динамики вещественно-энергетических потоков. Необходимость учета производственных циклов выходит на первый план при практическом картографировании, особенно в районах с высокой антропогенной нагрузкой.

### **Показатели экологического картографирования и их интеграция**

**Элементарные показатели** характеризуют состояние одного компонента среды, в одной точке, по одному из параметров, в единичный момент времени. За исключением экстремальных значений, отдельные элементарные показатели практически не уменьшают степень неопределенности экологической обстановки и с точки зрения потребителей сведений не являются информативными. Требуемый уровень информативности достигается путем **интеграции показателей**, которая осуществляется несколькими приемами.

♦ **Временная интеграция** представляет собой операцию осреднения показателей, а также получения характеристик изменчивости и распределения, что может проводиться как для отдельных точек и линий, так и для территориальных единиц.

Элементарные показатели, относящиеся к депонирующим компонентам среды, характеризуют экологическую обстановку за некоторый интервал времени: весь период антропогенного воздействия (почвы, донные отложения) либо ряд лет (кора, древесные ткани). Поэтому такие показатели первично интегрированы во временном отношении, т.е. данный вид интеграции неизбежен.

♦ **Территориальная интеграция**, т.е. переход от элементарных показателей к средним величинам, характеристикам изменчивости и распределения в пределах некоторой территории. Данный вид

интеграции осуществляется в пределах территориальных единиц, избранных для картографирования, и, следовательно, выполняется после районирования. Территориальная интеграция распространена достаточно широко. Существуют и первично интегрированные в пространственном отношении характеристики.

Результаты временной и территориальной интеграции – *элементарно обобщенные показатели*. Они характеризуют состояние среды по одному из параметров (аналогичных приведенным выше) за определенный период осреднения, в точке или в пределах избранной для картографирования территориальной единицы. От элементарно обобщенных показателей по характеру последующего использования принципиально не отличаются *первично-интегрированные показатели*, непосредственно относящиеся к единицам площади и интервалам времени.

♦ *Межингредиентная интеграция* осуществляется с целью более или менее полной локальной характеристики состояния одного из компонентов среды. Исходные показатели интегрируются в обобщающие через получение относительных величин (ПДК, ПДУ, фоновые характеристики) и арифметические действия с ними.

♦ *Межкомпонентная интеграция*. Служит для выведения показателей функционирования экосистем в условиях антропогенного пресса. При этом выявляется относительная значимость отдельных компонентов среды для *субъекта оценки, которым является человек*, иной биологический вид или экосистема в целом.

Весь комплекс воздействий на окружающую среду находит отражение в показателях состояния биоиндикаторов, биопродуктивности, распространения индикаторных видов и видового разнообразия.

♦ *Межфакторная интеграция*, в рамках которой экологический фактор ценности земель интегрируется с другими факторами, входит в практику кадастрового картографирования. При этом экологическая обстановка в целом, включая состояние всех геокомпонентов и реакции на них биоты и человека, рассматривается как один из факторов ценности земель, наряду с географическим положением, инженерно-геологическими условиями, обеспеченностью объектами инженерной инфраструктуры.

Относительная значимость указанных факторов для определения ценности земель устанавливается экспертным путем; по мере развития земельных отношений вероятно внедрение стоимостного подхода. При этом значимость экологического фактора для оценки земель зависит от их назначения: вклад экологической составляющей максимален для селитебных и рекреационных земель и минимален для промышленных зон. Однако для промышленных зон значимость экологической обстановки также достаточно велика, поскольку действующие

нормативные документы ограничивают или запрещают дальнейшее промышленное освоение экологически неблагополучных территорий.

#### **4.2. Картографическая семантика в экологическом картографировании**

Предмет *картографической семантики* – соотношение условных знаков с отображаемыми объектами и явлениями.

Поэтому вопросы специфики содержания экологических карт и ее влияния на выбор изобразительных средств рассматриваются в рамках картографической семантики.

#### **Объекты экологического картографирования и их локализация**

Все множество объективно существующих природных и общественных явлений, отображаемых на картах, с картографической точки зрения, подразделяется на пять больших групп, в зависимости от характера пространственной локализации:

- ♦ *явления, локализованные в пунктах* (например, места отбора проб, посты мониторинга, предприятия и города на мелкомасштабных картах), для которых объектом показа являются их точные местоположения и, иногда, качественные или количественные характеристики;

- ♦ *явления, локализованные на линиях* (например, дороги, трубопроводы, различные границы), для которых объекты показа – точные местоположения, качественные и количественные характеристики;

- ♦ *явления, локализованные на площадях*, т.е. присутствующие на одних частях картографируемой территории и отсутствующие на других (например, предприятия, города и их части на крупномасштабных картах, особо охраняемые природные территории), для которых объектом показа на картах служат районы распространения и, иногда, качественные или количественные характеристики;

- ♦ *явления сплошного распространения* (например, атмосфера и ее характеристики, горные породы и их свойства), для которых объект показа на картах не факт наличия, а пространственная изменчивость качественных или количественных характеристик;

- ♦ *явления рассеянного распространения*, т.е. состоящие из множества мелких объектов, индивидуальный показ которых невозможен (например, биологические виды, посевы сельскохозяйственных культур), для которых объектом показа также являются, главным образом, территории и плотность распространения.

Графические средства на экологических картах применяются те же, что и на картах иной тематики, – внемасштабные (значковые, буквенные и цифровые), линейные, площадные. При разработке легенд графические средства перечисленных групп реализуются в виде мно-

гочисленных графических переменных – элементарных обозначений, различающихся по форме, размеру, ориентировке, цвету, насыщенности цвета, внутренней структуре изображения.

Соотношения типа локализации картографируемых явлений, характера информации (качественный или количественный) и примененных графических средств образуют способы картографических изображений. В экологическом картографировании употребляют те же способы картографических изображений, что и в других тематических областях; специфика заключается лишь в содержательных особенностях картографируемых явлений.

### **Способы картографических изображений и их использование в экологическом картографировании**

Для показа размещения, качественных и количественных характеристик экологических сюжетов, их взаимосвязей и динамики используются традиционно наиболее употребительные способы картографического изображения: значки (внемасштабные знаки), линейные знаки, изолинии, качественный фон, ареалы, картограммы и картодиаграммы; реже употребляются точечный способ, линии движения, локализованные диаграммы. Теоретически возможно применение способа количественного фона, однако, как показано ниже, особенности объектов экологического картографирования не создают благоприятных предпосылок для употребления этого способа.

Чтобы уметь правильно выбирать способы изображения для того или иного экологического сюжета, специалист, занимающийся составлением карт, должен хорошо представлять возможности и пределы применения каждого способа.

♦ **Способ значков** используется для передачи планового положения, количественных и качественных характеристик объектов, по своим размерам не выражающихся в масштабе карты, но имеющих четкую точечную локализацию. Форма и цвет значка чаще всего несут качественную информацию об изображаемом объекте, а размер и внутренняя структура – количественную информацию. В экологическом картографировании значками обозначаются пункты мониторинга и места отбора проб, места обитания редких видов флоры и фауны, памятники природы и другие небольшие по геометрическим размерам, но важные для содержания карт объекты. На мелкомасштабных картах структурными значками обозначаются объемы и состав выбросов и сбросов загрязняющих веществ от городов и крупных промышленных объектов либо состав и степень остроты экологических проблем городов.

♦ **Способ линейных знаков** используется для передачи линий в их геометрическом понимании: границ, береговых линий, текто-

нических нарушений. Иногда этот способ путают со способом знаков движения. Необходимо отметить особенность способа линейных знаков: он должен показывать либо линии, реально существующие в природе (например, дороги), либо линии протяженности вытянутых статичных или динамичных объектов (хребты на орографических схемах, линии фронта). Перемещение динамичных объектов (например, атмосферных фронтов) можно передавать системой линейных знаков, отнесенных к разным датам. В целом линейные знаки как способ изображения следует отличать от линий как изобразительных средств, относящихся к другим способам изображений (изолинии, границы ареалов и выделов).

Линейные знаки могут передавать количественные и качественные характеристики. Количественные показатели (мощность грузопотоков) передаются с помощью ширины линии или полосы, а качественные (состав грузопотоков) – структурой линии, цветом. Ориентировка линейных знаков отображает реальное положение линии на местности.

В экологическом картографировании способ линейных знаков употребляют для показа линейных источников воздействия на окружающую среду: автомобильных и железных дорог, трубопроводов, ЛЭП и иных транспортных коммуникаций, а также линейно вытянутых реципиентов воздействий, таких как реки, в том числе с характеристикой качества воды и состояния экосистем.

♦ **Способ качественного фона** используется для качественной характеристики явлений *сплошного* (почвы, геологическое строение, ландшафты) или, реже, *рассеянного* распространения (население, народы). При его использовании территория делится на качественно однородные контуры (выделы), которые окрашиваются или штрихуются в соответствии с качественной характеристикой.

Графическим средством в данном способе могут служить *цвет* (ровные фоновые окраски разных цветовых тонов, разных степеней светлоты, насыщенности), *полутона*, штриховки различных рисунков и интенсивности, заполняющие обозначения, *буквенно-цифровые индексы* (но из-за малой наглядности они широкого распространения не получили и применяются главным образом как дополнительное обозначение, разновидность пояснительной подписи).

Границы выделенных контуров при реализации этого способа могут быть *барьерными, четкими*, т.е. при переходе через них качественный признак меняется резко. Но чаще бывает так, что выделенная граница бывает переходной, условной, т.е. изменение качества происходит постепенно. В последнем случае давать рисунок границ между участками четким линейным знаком нецелесообразно, лучше использовать полосчатую окраску.

В экологическом картографировании способ качественного фона один из самых употребительных. Он образует основное содержание на картах оценки экологических ситуаций, используется на комплексных экологических картах для показа распространения ландшафтов и характера использования земель, устойчивости ландшафтов к техногенным нагрузкам и т.п.

*Способ качественного фона* применяется для показа *количественных характеристик*. Однако в природе практически отсутствуют такие явления, которые имели бы одинаковые количественные значения в пределах каких-то контуров и резко меняли их на границах.

♦ **Способ изолиний.** *Изолинии, т.е. линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями каких-либо количественных показателей,* используются для количественной характеристики сплошных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений, таких как температура воздуха, количество осадков, рельеф. С точки зрения использования изобразительных средств здесь преобладают линии различных структур, цветов и ширины и площадные фоны для послойной окраски промежутков между определенными изолиниями – ровные фоновые окраски либо штриховки на черно-белых картах.

Подбор цветов для послойной окраски должен учитывать содержание картографируемых явлений. Так, на гипсометрических картах используется шкала, которая дает зрительную иллюзию приближения высоких ступеней. В экологическом картографировании принят «*принцип светофора*» – сочетание оттенков зеленого, желтого и красного цветов, сменяющих друг друга по мере обострения экологической обстановки. При необходимости шкалу дополняют синими и голубыми тонами для наиболее чистых мест, оранжевыми или розовыми для промежуточных ступеней и бордовыми для самых неблагоприятных.

К числу достоинств способа изолиний также относится его простота и доступность. На картах, построенных с помощью данного способа, легенды бывают очень просты по содержанию и обычно сводятся к шкалам.

Способ изолиний очень удобен для применения количественных методов обработки, преобразования и анализа картографических изображений: определения характеристик заданных контрольных точек и расчета статистических зависимостей и эмпирических уравнений, сложения и вычитания изолиний, разложения на составляющие и др. Поэтому с помощью данного способа могут передаваться и явления, по своему содержанию неподходящие или малоподходящие для данного способа. Для количественной характеристики явлений, имеющих ограниченное по площади распространение (например, источники выбросов и сбросов), могут быть использованы *псевдоизолинии*. Псев-

доизолинии как бы распространяют дискретные явления (например, источники выбросов и сбросов) на всю площадь картографирования и таким образом приводят их к виду, удобному для сопоставления с другими количественными характеристиками.

*В экологическом картографировании способ изолиний – один из наиболее употребительных.* С его помощью картируют многочисленные физико-географические параметры, частные и общие количественные характеристики загрязнения и устойчивости компонентов природной среды к загрязнению, интенсивность геодинамических процессов и др.

♦ **Способ ареалов** используется для передачи области распространения явлений, имеющих ограниченное по площади распространение, причем в пределах этой площади картографируемое явление может быть дискретным (т.е. встречаться в изолированных пунктах и на участках), сплошным или рассеянным. Главное отличие способа ареалов от способа качественного фона: во-первых, – тип локализации, во-вторых, – необязательность рисовки границ. По отношению к используемым условным обозначениям способ ареалов универсален: он может быть реализован с помощью немасштабных рисунков (не имеющих четкой координатной привязки), линейных или площадных обозначений и даже буквенно-цифровых индексов. *Способ ареалов в «чистом виде», как правило, не несет информации о конкретных качественных или количественных характеристиках;* он отображает форму и местоположение площади распространения картографируемого явления, поэтому с определенной долей условности характер передаваемой информации можно считать качественным.

В экологическом картографировании способ ареалов применяется по своему прямому назначению: для показа ареалов биологических видов, особо охраняемых природных территорий, участков распространения определенных видов загрязнения, геодинамических процессов.

♦ **Точечный способ** используется для передачи явлений рассеянного распространения (сельское население, поголовье скота, посевные площади). Изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая из которых имеет определенный «вес» – значение количественного показателя.

В экологическом картографировании точечный способ пока практически не нашел применения. Возможно его использование для показа распространения редких и охраняемых либо опасных для человека видов.

**Способ локализованных диаграмм** используется для передачи на карте *сезонной или иной динамики явлений, имеющих сплошное или линейное распространение.* Динамика явлений изображается с

помощью графиков или диаграмм, характеризующих явление в пунктах его изучения.

В экологическом картографировании *способом локализованных диаграмм передается сезонная, межгодовая или иная изменчивость показателей заболеваемости, концентрации отдельных веществ, общих уровней загрязнения атмосферы или гидросферы, условия рассеяния или потенциала самоочищения.*

У способов значков и локализованных диаграмм есть общая черта: рисунки, выражающие количественные и качественные особенности объектов, на карте оказываются привязанными к точке. Однако при использовании способа значков этой точкой является пункт фактической локализации явления, а при использовании способа локализованных диаграмм – пункт наблюдения за явлением (метеостанция, гидропост и т.п.).

♦ **Способ картодиаграмм** предполагает изображение суммарной величины каких-либо явлений с помощью графиков или диаграмм, помещаемых внутри единиц территориального деления, чаще всего административного. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории. Тип локализации явления в данной ситуации может быть любым, но с учетом жесткой привязки количественной информации к площади административно-территориальной или какой-либо другой ячейки. Условно его можно считать ограниченным по площади.

Картодиаграммы, так же как и картограммы, географически несовершенны по содержанию, поскольку не позволяют отражать различия характеристик внутри территориальных единиц и создают иллюзию резких перепадов на их границах. Однако картодиаграммы очень легко и быстро поддаются автоматизированному построению и их использование оправдано, если требуется быстро получить территориальное распределение статистических данных. По своему содержанию этот способ можно рассматривать как статистическую таблицу, наложенную на схематическую карту.

Несмотря на отмеченные недостатки, способ картодиаграмм пользуется широким распространением в экологическом картографировании, особенно в официальных изданиях. *Картодиаграммы показываются объемы выбросов и сбросов, количество отходов, объемы внесения удобрений и пестицидов и т.д., заболеваемость по единицам территориального деления.*

♦ **Картограммы** графически передают среднюю интенсивность какого-либо явления (т.е. *количественную характеристику*) в пределах определенных территориальных единиц, чаще всего административных, не связанных с действительным распространением этого явления в природе. Таким образом, тип локализации отображаемого

явления может быть любым: точечным, линейным, сплошным, рассеянным, ограниченным по площади, но графическая интерпретация «привязывает» количественную информацию к ограниченной площади, по аналогии со способом картодиаграмм.

♦ **Знаки движения** (линии движения, векторы) используются для показа перемещений объектов различной локализации. Движение точечных объектов создает линию (например, маршрут морского судна), движение воздушных масс образует сплошное повсеместное перемещение в пространстве, миграция животных имеет рассеянный характер распространения, океанические и морские течения создают перемещение, ограниченное по площади.

Основным средством при передаче такого рода информации являются векторы (стрелки) разных форм и величины, которые могут нести качественные и количественные характеристики. Локализация векторов может показывать и реально существующие линии передвижения, в частности если они даются параллельно путям сообщения, и абстрактные, например: связи культурные, финансовые и т.п. Ориентировка векторов в этой ситуации определяется фактическим направлением движения (реальным или абстрактным). Качественные характеристики передаются с помощью формы, цвета и структуры вектора, а количественные – с помощью размеров (длины и ширины).

В экологическом картографировании способ знаков движения употребляется сравнительно редко. С его помощью передаются направления распространения загрязняющих веществ, пути миграции животных.

## **ТЕМА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС И СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ**

**Географическая информационная система (ГИС) или Geographic Information System (GIS)** – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико-картографическое моделирование и образное интегрированное представление географических и соотношенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления.

Программная часть ГИС включает операционную систему (WINDOWS, UNIX и др.) и специализированное коммерческое программное обеспечение для ГИС.

В настоящее время государственные, коммерческие и частные организации в большинстве случаев используют не собственные про-

граммные разработки по географическим информационным системам, а покупают лицензионные «коробочные» программные продукты, созданные известными производителями (табл.).

**Таблица. Примеры коммерческого программного обеспечения для ГИС**

<b>Фирма-производитель программного ГИС-обеспечения</b>	<b>Название программного продукта</b>	<b>Сайт фирмы</b>
<i>ESRI</i>	<i>ArcGIS</i>	<a href="http://www.esri.com">http://www.esri.com</a>
<i>КБ «Панорама»</i>	<i>ГИС «Панорама»</i>	<a href="http://www.geo-">http://www.geo-</a>
<i>MapInfo</i>	<i>MapInfo Professional</i>	<a href="http://www.mapinfo.c">http://www.mapinfo.c</a>
<i>Autodesk</i>	<i>AutoCAD Map 3D</i>	<a href="http://usa.autodesh.c">http://usa.autodesh.c</a>

Возможности ГИС, применимые в экологии, позволяют осуществлять:

- ввод, накопление, хранение и обработка цифровой картографической и экологической информации,
- построение на основании полученных данных тематических карт, отражающих текущее состояние экосистемы,
- исследование динамики изменения экологической обстановки в пространстве и времени, построение графиков, таблиц, диаграмм,
- моделирование развития экологической ситуации в различных средах и исследование зависимости состояния экосистемы от метеоусловий, характеристик источников загрязнений, значений фоновых концентраций,
- получение комплексных оценок состояния объектов окружающей природной среды на основе разнородных данных.

Экологические проблемы часто требуют незамедлительных и адекватных действий, эффективность которых напрямую связана с оперативностью обработки и представления информации. При комплексном подходе, характерном для экологии, обычно приходится опираться на обобщающие характеристики окружающей среды, вследствие чего, объемы даже минимально достаточной исходной информации, несомненно, должны быть большими. В противном случае обоснованность действий и решений вряд ли может быть достигнута. Однако простого накопления данных тоже, к сожалению, недостаточно. Эти данные должны быть легкодоступны, систематизированы в соответствии с потребностями. Хорошо, если есть возможность связать разнородные данные друг с другом, сравнить, проанализировать, просто просмотреть их в удобном и наглядном виде, например, создав на их

основе необходимую таблицу, схему, чертеж, карту, диаграмму. Группировка данных в нужном виде, их надлежащее изображение, сопоставление и анализ целиком зависят от квалификации и эрудированности исследователя, выбранного им подхода интерпретации накопленной информации. На этапе обработки и анализа собранных данных существенное, но отнюдь не первое, место занимает техническая оснащенность исследователя, включающая подходящие для решения поставленной задачи аппаратные средства и программное обеспечение. В качестве последнего во всем мире все чаще применяется современная мощная технология географических информационных систем.

### **5.1. Роль и место ГИС в природоохранных мероприятиях**

*Деградация среды обитания.* ГИС с успехом используется для создания карт основных параметров окружающей среды. В дальнейшем, при получении новых данных, эти карты используются для выявления масштабов и темпов деградации флоры и фауны. При вводе данных дистанционных, в частности спутниковых, и обычных полевых наблюдений с их помощью можно осуществлять мониторинг местных и широкомасштабных антропогенных воздействий. Данные об антропогенных нагрузках целесообразно наложить на карты зонирования территории с выделенными областями, представляющими особый интерес с природоохранной точки зрения, например парками, заповедниками и заказниками. Оценку состояния и темпов деградации природной среды можно проводить и по выделенным на всех слоях карты тестовым участкам.

*Загрязнение.* С помощью ГИС удобно моделировать влияние и распространение загрязнения от точечных и неточечных (пространственных) источников на местности, в атмосфере и по гидрологической сети. Результаты модельных расчетов можно наложить на природные карты, например карты растительности, или же на карты жилых массивов в данном районе. В результате можно оперативно оценить ближайшие и будущие последствия таких экстремальных ситуаций, как разлив нефти и других вредных веществ, а также влияние постоянно действующих точечных и площадных загрязнителей.

*Охраняемые территории.* Еще одна распространенная сфера применения ГИС – сбор и управление данными по охраняемым территориям, таким как заказники, заповедники и национальные парки. В пределах охраняемых районов можно проводить полноценный пространственный мониторинг растительных сообществ ценных и редких видов животных, определять влияние антропогенных вмешательств, таких как туризм, прокладка дорог или ЛЭП, планировать и доводить до реализации природоохранные мероприятия. Возможно выполнение и многопользовательских задач, таких как регулирование выпаса ско-

та и прогнозирование продуктивности земельных угодий. Такие задачи ГИС решает на научной основе, то есть выбираются решения, обеспечивающие минимальный уровень воздействия на дикую природу, сохранение на требуемом уровне чистоты воздуха, водных объектов и почв, особенно в часто посещаемых туристами районах.

*Неохраняемые территории.* Региональные и местные руководящие структуры широко применяют возможности ГИС для получения оптимальных решений проблем, связанных с распределением и контролируемым использованием земельных ресурсов, улаживанием конфликтных ситуаций между владельцем и арендаторами земель. Полезным и зачастую необходимым бывает сравнение текущих границ участков землепользования с зонированием земель и перспективными планами их использования. ГИС обеспечивает также возможность сопоставления границ землепользования с требованиями дикой природы. Например, в ряде случаев бывает необходимым зарезервировать коридоры миграции диких животных через освоенные территории между заповедниками или национальными парками.

Постоянный сбор и обновление данных о границах землепользования может оказать большую помощь при разработке природоохранных, в том числе административных и законодательных мер, отслеживать их исполнение, своевременно вносить изменения и дополнения в имеющиеся законы и постановления на основе базовых научных экологических принципов и концепций.

*Восстановление среды обитания.* ГИС является эффективным средством для изучения среды обитания в целом, отдельных видов растительного и животного мира в пространственном и временном аспектах. Если установлены конкретные параметры окружающей среды, необходимые, например, для существования какого-либо вида животных, включая наличие пастбищ и мест для размножения, соответствующие типы и запасы кормовых ресурсов, источники воды, требования к чистоте природной среды, то ГИС поможет быстро подыскать районы с подходящей комбинацией параметров, в пределах которых условия существования или восстановления численности данного вида будут близки к оптимальным. На стадии адаптации переселенного вида к новой местности ГИС эффективна для мониторинга ближайших и отдаленных последствий предпринятых мероприятий, оценки их успешности, выявления проблем и поиска путей по их преодолению.

*Научные исследования и техническая поддержка.* Функциональные интегральные возможности ГИС в наиболее явном виде проявляются и благоприятствуют успешному проведению совместных междисциплинарных исследований. Они обеспечивают объединение и наложение друг на друга любых типов данных, лишь бы их можно было отобразить на карте. К подобным исследованиям относятся, на-

пример, такие: анализ взаимосвязей между здоровьем населения и разнообразными (природными, демографическими, экономическими) факторами; количественная оценка влияния параметров окружающей среды на состояние локальных и региональных экосистем и их составляющих; определение доходов землевладельцев в зависимости от преобладающих типов почв, климатических условий, удаленности от городов и др.; выявление численности и плотности ареалов распространения редких и исчезающих видов растений в зависимости от высоты местности, угла наклона и экспозиции склонов.

*Сборники данных и публикации.* ГИС значительно упрощает процедуру публикации любых видов картографической продукции. С помощью встроенного языка программного обеспечения (например, ARC/INFO ARC Macro Language (AML)) можно написать программы автоматического создания любых типов печатных карт, графиков, диаграмм и таблиц. Кроме того, простые программные продукты позволяют просматривать и напрямую оперировать с данными, содержащимися в базе данных ГИС любому, даже малоопытному, пользователю. При помощи таких простых и легкодоступных программ любой пользователь имеет возможность считывать и распечатывать карты.

*Экологическое образование.* Поскольку создание бумажных карт с помощью ГИС значительно упрощается и удешевляется, появляется возможность получения большого количества разнообразных природных карт, что расширяет возможности и широту охвата программ и курсов экологического образования. Ввиду простоты копирования и производства картографической продукции ее может использовать практически любой ученый, преподаватель или студент. Более того, стандартизация формата и компоновки базовых карт служит основой для сбора и демонстрации данных, получаемых учащимися и студентами, обмена данными между учебными заведениями и создания единой базы по регионам и в национальном масштабе. Можно подготовить специальные карты для землевладельцев с целью ознакомления их с планируемыми природоохранными мероприятиями, схемами буферных зон и экологических коридоров, которые создаются в данном районе и могут затронуть их земельные участки.

*Мониторинг.* По мере расширения и углубления природоохранных мероприятий одной из основных сфер применения ГИС становится слежение за последствиями предпринимаемых действий на локальном и региональном уровнях. Источниками обновляемой информации могут быть результаты наземных съемок или дистанционных наблюдений с воздушного транспорта и из космоса. Использование ГИС эффективно и для мониторинга условий жизнедеятельности местных и привнесенных видов, выявления причинно-следственных цепочек и взаимосвязей, оценки благоприятных и неблагоприятных последствий

предпринимаемых природоохранных мероприятий на экосистему в целом и отдельные ее компоненты, принятия оперативных решений по их корректировке в зависимости от меняющихся внешних условий.

ГИС выполняют следующие основные функции:

- **автоматизированное картографирование** – обеспечивают работу с картографическими данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства высококачественных карт и рисунков

- **пространственный анализа** – обеспечивают совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных и выполнения пространственного анализа.

- **управление данными** – обеспечивают работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов.

## 5.2. Организация информации в ГИС

Географические объекты в ГИС представляются в виде набора пространственных и атрибутивных данных с общим названием **географические данные**.

Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

1. **Географическое положение** (размещение) пространственных объектов представляется 2, 3 или 4-мерными координатами в географически соотнесенной системе координат (широта/долгота).

2. **Атрибуты** – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием). В ГИС атрибутивные данные географических объектов представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов

3. **Пространственные отношения** определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами (например, направление объекта А в отношении объекта Б, расстояние между объектами А и Б, вложенность объекта А в объект Б).

4. **Временные характеристики** представляются в виде сроков получения данных, они определяют их жизненный цикл, изменение местоположения или свойств пространственных объектов во времени.

Основными способами цифрового описания пространственных объектов являются **векторная** (точки, линии, полигоны) и **растровая** (ячейки, сетки) графические модели.

В случае **векторного представления** реальные географические объекты изображаются в виде графических примитивов – точек, линий, полигонов.

Векторная графика обрабатывается компьютером как идеальные геометрические фигуры, которые можно масштабировать, вращать, а также производить с ними другие действия, при этом изменяются лишь координаты вершин отрезков и параметры кривых. К числу преимуществ представления пространственных объектов ГИС векторными моделями относятся компактная структура, качественная графика, топология.

**Растровая модель географических данных** – это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу.

К достоинствам растровой графики относятся: техническая готовность внешних устройств для ввода изображений (к ним относятся сканеры, видеокамеры, цифровые фотокамеры); фотореалистичность (можно получать живописные эффекты, добиваться тончайшей настройки цвета, создавать перспективную глубину и т.д.); простая структура данных; эффективные моделирующие функции при использовании в ГИС.

К недостаткам растровой графики можно отнести то, что при трансформации изображения (повороты, наклоны и др.) в графике наблюдаются существенные искажения. В растровой графике также отмечается невозможность увеличения изображений для рассмотрения деталей, т. е. увеличение точек растра визуально искажает иллюстрацию и делает ее грубой (пикселизация).

Учитывая, что в настоящее время ГИС все чаще используются как средство серьезного анализа и моделирования, а также активное использование космоснимков в ГИС, – интерес к растровой модели данных ГИС возрастает. Например, растровые модели в ГИС являются основным способом представления непрерывно распределенных признаков (поля загрязнений, климатические характеристики, почвенно-растительный покров, геоморфологические особенности местности и т. д.) для выполнения анализа и моделирования.

Дополнительно в ГИС используются **грид-модель**, в которой растровые геообъекты имеют атрибутивную таблицу, и **векторная модель TIN**, которые применяются для построения и анализа поверхностей.

Система организации данных в ГИС определяется **моделями данных**. ГИС последнего поколения работают с **геореляционной** и **объектно-ориентированной моделью данных**. В геореляционной модели данных ГИС реализуется принцип содержания в одном тематическом слое ГИС как пространственной (т. е. положение географических объектов), так и атрибутивной (описательной) информации о географических объектах. Примерами векторных геореляционных моделей, используемых в ГИС, являются шейп-файлы (shapefiles), при-

меняемые в продуктах компании ESRI Inc., или обменный формат MIF/MID компании MapInfo.

В объектно-ориентированной модели используются функции, которые моделируют пространственную и непространственную связь географических объектов и атрибутов. Объект характеризуется атрибутами, положением и правилами.

Иными словами, в основе данного цифрового представления географической действительности лежит геообъект, который обладает не только свойственными для него атрибутами, но и поведением.

В настоящее время в профессиональной ГИС ArcGIS компании ESRI используется новая модель организации информации – **База геоданных**, которая имеет ряд преимуществ. Вся цифровая карта – включая легенду, описания систем координат, взаимосвязи слоев и другую информацию – помещается в одном файле Базы геоданных Microsoft Access или же на сервере, реализующем идею единого хранилища. Серверный вариант поддерживает также возможность многопользовательского доступа и редактирования геоданных, т. е. когда множество пользователей цифровой карты могут одновременно работать в едином информационном пространстве.

\* \* \*

Пространственные данные в ГИС нуждаются в географической привязке (геопривязке), т. е. вводе значений географических координат в изображение. Функциональные возможности ГИС позволяют «привязывать» отсканированные карты, векторные модели данных, аэро- и космоснимки. На «привязанных» изображениях можно определять проекцию, выполнять операции перехода изображения из одной проекции в другую, «сшивать» листы цифровых карт, вычислять реальные значения длин, периметров, площадей пространственных объектов.

Математическое обеспечение ГИС для работы с географическими координатами изображений включает модели параметров референц-эллипсоидов и общеземных эллипсоидов. Параметры референц-эллипсоидов определялись до создания спутниковых геодезических систем в результате вычислительной обработки данных государственных и региональных геодезических сетей. Поскольку такие сети создаются на разных континентах, разными средствами и с разным уровнем точности, в настоящее время имеется более двух десятков референц-эллипсоидов, каждый из которых оптимален лишь для определенной части Земли. Для территории Беларуси, России и смежных территорий референц-эллипсоидом является *эллипсоид Красовского*, рассчитанный в 1940 г.

Спутниковые геодезические системы позволяют наиболее точно определить параметры эллипсоида. В результате получается общеземной эллипсоид (World ellipsoid). В США в настоящее время используется эллипсоид WGS-84 (World Geodetic System 1984), в России – ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 г.). В ГИС эллипсоид по умолчанию разный для разных картографических проекций.

Важным этапом по геопривязке в ГИС является задание системы геодезических координат (широта и долгота) на поверхности эллипсоида. Для эллипсоида Красовского это Система координат 1942 г. (СК-42) с точкой фиксации в г. Пулково.

### **5.3. Пространственный анализ в ГИС**

#### **Типовые ГИС-задачи**

Типовые компьютерные задачи по анализу территории, решаемые ГИС, можно сгруппировать следующим образом:

1. *Автоматизированное отображение позиции геообъекта на местности.* ГИС размещает заданный географический объект на местности согласно введенным в компьютер данным по географическим координатам – географической широте и долготы с учетом географической проекции.

2. *Автоматизированное построение тематических ГИС-картограмм по значениям атрибутов геообъектов.* ГИС выполняет автоматизированное построение тематических картограмм по любым значениям как всех, так и выбранных геообъектов.

3. *Автоматизированное построение тематических ГИС-карт характеристик плотности в виде изолиний или непрерывных грид-поверхностей.* Например, построение карт плотности населения по административным районам.

4. *Автоматизированный расчет расстояний, площадей, периметров, буферных зон геообъектов.* Например, расчет площадей земельных участков, их периметров, ширины водоохранной зоны.

5. *Автоматизированный поиск места по критериям для размещения любого техногенного объекта.* ГИС выполняет автоматизированное сложение и вычитание полигонов, позволяющее шаг за шагом оценивать по установленному списку критериев условия местности. Например, поиск места для размещения кирпичного завода или электростанции.

6. *Автоматизированное построение моделей рельефа с выделением водосборных территорий, расчетов уклонов, экспозиций, отмывок.*

7. *Автоматизированные расчеты маршрутов передвижения всех видов транспортных средств с отслеживанием позиции в режиме реального времени.*

8. *Классификация состояния территории по поверхностям*, например по растровым моделям, космоснимкам.

### **Построение буферов**

ГИС-поддержка решения таких типов экологических задач, как проектирование санитарно-защитных зон предприятий, водоохраных зон водных объектов и др., выполняется с использованием функции построения **буферной зоны**. В ГИС можно задавать расстояния буферных зон в разных единицах измерения, например метрах, километрах, единицах стоимости и др. Предполагается, что зона влияния характеристик геообъекта распространяется в пределах буферной зоны.

### **Оверлеи**

При выполнении ГИС-анализа наиболее активно используется такой ГИС-инструмент, как операции так называемых *оверлеев*.

В векторной графике при выполнении оверлеев компьютер производит операции сложения и вычитания графических примитивов. Оверлеи могут быть выполнены по схеме «точка в полигон», т. е. точечный объект накладывается на полигональный объект, или «линии в полигон», т. е. линейный объект накладывается на полигональный объект, или «полигон в полигон», т. е. когда происходит наложение со сложением или вычитанием одного полигонального объекта с другим полигональным объектом.

### **Решения задач с помощью растровых моделей**

*Анализ поверхности.* Для анализа поверхности растровой модели в ГИС включаются: функция построения изолиний, показывающая местоположения с одинаковым значением; функция вычисления уклона, используемая, например, для определения риска эрозионных процессов; функция вычисления экспозиции склонов, полезная, например, при определении участков под конкретные сельскохозяйственные культуры; функция отмывки рельефа, используемая как для реалистичного отображения поверхности рельефа, так и для анализа освещенности местности в различное время дня и др.

*Интерполяция растра.* Интерполяция позволяет вычислить значения для всех ячеек растра по значениям ограниченного числа точек отбора проб. Может использоваться для предсказания значений любых географических данных – отметок высот, количества осадков, концентраций химических веществ, уровней шума и т. д.

*Реклассификация растра.* Целью реклассификации является приведение всех растровых покрытий к единой шкале категорий (категорий пригодности, категорий стоимости или др.). В качестве примера можно привести расчеты по проектированию коммуникаций, ко-

гда учитывают, что строительство трассы на болотистых грунтах ведет к удорожанию проекта в 1,8 раза, а на песках – в 1,3 раза. Соответственно в ГИС на растровом покрытии типов почв пиксели, расположенные в пределах болотистых грунтов, должны получить значение 1,8, а в пределах песков – 1,3. Такого рода преобразования необходимо провести со всеми растровыми покрытиями, участвующими в определении интегрированной стоимости трассы.

*Картирование плотности.* Вычисление плотности распределения проводится в том случае, когда необходимо показать концентрацию точечных или линейных объектов. Например, имея данные по населению городов какого-либо административного района, можно вычислить распределение городского населения в районе.

*Картирование расстояний.* Обычно растровые наборы данных, полученные в результате работы функции картирования расстояний, используются для вычисления минимального по стоимости (или кратчайшего) пути, например для прокладки новой дороги или линии трубопровода.

### **Цифровая модель рельефа**

Оценка рельефа территории позволяет лучше визуально определить взаимное расположение объектов, оценить их взаимосвязь и проанализировать влияние перепадов высот на объект диагностики. В этой связи в ГИС для более наглядного представления высотных отметок местности выполняется построение **цифровой модели рельефа (ЦМР) (DEM – Digital Elevation Model)**. Основой для построения ЦМР могут быть: топографическая карта, набор связанных высотных отметок, космический снимок, стереопара, наземная геодезическая съемка.

ЦМР хранится как в виде растровой (GRID), так и в виде векторной (TIN – Triangulated Irregular Network)) модели данных. Выбор типа представления ЦМР определяется задачами ГИС.

Потребность в реалистичном отображении окружающего мира увеличивает значимость **трехмерного (3D) моделирования**. Модели 3D облегчают планирование, контроль и принятие решений во многих отраслях деятельности человека.

### **5.4. Системы спутникового позиционирования**

Автоматизированная компьютерная обработка разнородной пространственной географической информации с использованием ГИС-технологий вызвала необходимость получения высокоточных координат. В настоящее время высокоточное определение местоположения на местности как в статике, так и в движении достигается

использованием данных с систем спутникового позиционирования, которые затем интегрируются в ГИС.

Техника навигационных определений по сигналам искусственных спутников Земли (ИСЗ) стала отрабатываться начиная с 1957 г. Спутниковые радионавигационные системы первого поколения появились в начале 1960-х гг.

В настоящее время в мире функционируют три основные системы спутникового позиционирования с разной степенью навигационного покрытия и уровнем сервиса предоставляемых навигационных услуг – GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Европейский союз). Рассмотрим основные принципы организации систем спутникового позиционирования.

**Система глобального позиционирования – GPS (США).** Инициаторами разработки и реализации системы GPS (Global Positioning System – система глобального позиционирования) в США стали военные. Проект спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был назван Navstar (Navigation system with timing and ranging – навигационная система определения времени и дальности). Аббревиатура GPS появилась позднее, когда система стала использоваться не только в оборонных, но и в гражданских целях. Первые шаги по развертыванию навигационной сети были предприняты в середине 70-х гг. XX в., коммерческая же эксплуатация системы в сегодняшнем виде началась с 1995 г.

Система GPS в целом состоит из трех сегментов: космического, управляющего, пользовательского.

**Космический сегмент** системы составляют 24 GPS-спутника, движущихся над поверхностью Земли по 6 орбитальным траекториям (по 4 спутника на каждой), на высоте 20 180 км. Орбиты спутников обеспечивают одновременную видимость от четырех до двенадцати аппаратов в любой точке земной поверхности. Срок службы каждого из них составляет 10 лет, их заменяют по мере выхода из строя.

В **управляющий сегмент** GPS входят 5 контрольных центров, дислоцированных на американских военных базах. Станции наблюдения, наземные антенны, а также главная контрольная станция, расположенная на базе Falcon военно-воздушных сил США в Колорадо.

**Пользовательский сегмент** представлен сотнями тысяч стационарных и персональных GPS-приемников, которые продаются в виде автономных устройств, модулей расширения к портативным компьютерам или же встраиваются в определенные виды оборудования (часы, сотовые телефоны и другие устройства). Пользовательские приемники позволяют определить координаты места, регистрируя излучаемые видимыми в данной точке спутниками сигналы.

**ГЛОНАСС (Россия).** Первый запуск спутника по программе состоялся 12 октября 1982 г. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 г. А 14 декабря 1995 года спутниковая группировка была развернута до штатного состава – 24 спутника.

Подсистема космических аппаратов (ПКА) системы ГЛОНАСС состоит из 24 спутников. Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенных по всей территории России. Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени.

Информация, предоставляемая навигационным сигналом стандартной точности, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приемников ГЛОНАСС, возможность определения горизонтальных координат – с точностью 50–70 м; вертикальных координат – с точностью 70 м; составляющих вектора скорости – с точностью 15 см/с; времени – с точностью 0,7 мкс.

Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4 спутников ГЛОНАСС. При увеличении количества спутников до 18 на территории России обеспечивается практически 100%-ная непрерывная навигация. При этом на остальной части Земного шара перерывы в навигации могут достигать полутора часов. Практически непрерывная навигация по всей территории Земного шара обеспечивается при орбитальной группировке из 24 спутников.

Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос 1413) состоялся 12 октября 1982 г. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 г.

**GALILEO (Европейский союз).** Европейский проект спутниковой системы навигации. Европейская система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Помимо *стран* европейского сообщества достигнуты договоренности на участие в проекте с такими государствами, как Китай, Израиль, Южная Корея. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии, России и Украины.

Ожидается, что «Галилео» войдет в строй в 2014–2016 годах, когда на орбиту будут выведены все 30 запланированных спутников. Первый спутник системы Галилео был выведен на расчетную орбиту 28 декабря 2005 г. с космодрома Байконур.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Берлянт, А. М. Картография: учебник для вузов / А.М. Берлянт. – М.: Аспект Пресс, 2002.- 336 с.
- 2 Брусницына, Н.В. Основы экологического картографирования: учебно-методический комплекс / Н.В. Брусницына. – Екатеринбург: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького», 2008.
- 3 Гурьянова, Л. В. Введение в географические информационные системы: пособие для студентов геогр. фак. / Л. В. Гурьянова. - Минск: БГУ, 2009. – 128 с.
- 4 Курдин, С. И. Лабораторный практикум по тематической картографии : учеб. пособие для студ. геогр. спец. вузов / С. И. Курдин ; М-во образования РБ. Витебский гос. ун-т им. П. М. Машерова. – Витебск : Изд-во ВГУ, 2000. – 69 с.
- 5 Курдин, С. И. Тематическая картография: курс лекций / С. И. Курдин; УО «Витебский гос. ун-т им. П.М. Машерова». – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003. – 228 с.
- 6 Салищев, К. А. Картоведение: учебник для ун-тов / К. А. Салищев. – 2-е изд., доп., перераб. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1982. – 408 с.
- 7 Солнцев, Л.А. Геоинформационные системы как эффективный инструмент поддержки экологических исследований: электронно-методическое пособие / Л.А. Солнцев. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2012. – 54 с.
- 8 Стурман, В. И. Экологическое картографирование : учеб. пособие для студ. вузов по геогр. и экол. спец. / В. И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 252 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ</b> .....	3
1.1. Области применения методов и результатов экологического картографирования .....	3
1.2. Классификации экологических карт .....	5
<b>ТЕМА 2. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА</b> .....	6
2.1. Математические элементы топографической карты .....	6
2.2. Географическое содержание топографических карт .....	9
<b>ТЕМА 3. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ</b> .....	15
3.1. Классификация информационных источников по ведомственной принадлежности .....	15
3.2. Классификация информационных источников экологического картографирования по применяемым научным методам и техническим приемам .....	18
<b>ТЕМА 4. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ</b> .....	25
4.1. Территориальная интерпретация эколого-географической информации .....	25
4.2. Картографическая семантика в экологическом картографировании .....	30
<b>ТЕМА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС И СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ</b> .....	36
5.1. Роль и место ГИС в природоохранных мероприятиях ..	38
5.2. Организация информации в ГИС .....	41
5.3. Пространственный анализ в ГИС .....	44
5.4. Системы спутникового позиционирования .....	46
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	49

Учебное издание

**ТОРБЕНКО** Андрей Борисович

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ**

Методические рекомендации

Технический редактор *Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн *Т.Е. Сафранкова*

Подписано в печать .2015. Формат 60x84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 2,78. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.