

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»

Факультет химико-биологических и географических наук

Кафедра экологии и географии

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 Г.Г. Сушко

28.12.2021

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 Т.А. Толкачёва

28.12.2021

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

для специальности

1-33 01 01 Биоэкология

Составитель: А.Б. Торбенко

Рассмотрено и утверждено

на заседании научно-методического совета 03.03.2022, протокол № 3

УДК 528.94:502.1(075.8)
ББК 26.17я73+28.08я73
Э40

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 2 от 05.01.2022.

Составитель: старший преподаватель кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова **А.Б. Торбенко**

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра экологии и химических технологий УО «ВГТУ»;
доцент кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент *И.А. Красовская*

Экологическое картографирование для специальности
Э40 1-33 01 01 Биоэкология : учебно-методический комплекс по дис-
циплине / сост. А.Б. Торбенко. – Витебск : ВГУ имени П.М. Маше-
рова, 2022. – 76 с.
ISBN 978-985-517-866-9.

Учебно-методический комплекс разработан для студентов факультета химико-биологических и географических наук специальности 1-33 01 01 Биоэкология в соответствии с учебной программой «Экологическое картографирование» для внутриуниверситетского пользования (рег. № УД-24-034/уч. от 19.06.2017 г.), на основе государственного Образовательного стандарта высшего образования первой ступени по специальности 1-33 01 01 Биоэкология ОСВО 1-33 01 01-2013. В учебное издание включены лекционные материалы, материалы для лабораторных работ и список рекомендуемой литературы.

Может использоваться преподавателями, студентами, а также всеми, кто интересуется вопросами применения картографических и дистанционных методов в экологических исследованиях.

УДК 528.94:502.1(075.8)
ББК 26.17я73+28.08я73

ISBN 978-985-517-866-9

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ...	5
1.1 Исторические корни и современные концепции экологического картографирования	5
1.2 Области применения методов и результатов экологического картографирования	6
1.3 Классификации экологических карт	7
ТЕМА 2. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА	9
2.1 Математические элементы топографической карты	9
2.2 Географическое содержание топографических карт	12
Лабораторная работа № 1. «Чтение» топографических и тематических карт. Особенности отражения информации на различных типах карт	17
ТЕМА 3. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ	18
3.1 Классификация информационных источников по ведомственной принадлежности	18
3.2 Классификация информационных источников экологического картографирования по применяемым научным методам и техническим приемам	20
ТЕМА 4. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ	27
4.1 Территориальная интерпретация эколого-географической информации ..	27
4.2 Картографическая семантика в экологическом картографировании ...	31
Лабораторная работа № 2. Способы картографических изображений и их использование в экологическом картографировании	37
Лабораторная работа № 3. Разработка легенды экологической карты	38
ТЕМА 5. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	44
5.1 Роль и место ГИС в экологии	45
5.2 Организация информации в ГИС	48
5.3 Пространственный анализ в ГИС	53
5.4 Программное обеспечение ГИС	55
5.5 Системы спутникового позиционирования	57
5.6 ГИС и Интернет	59
Лабораторная работа № 4. Построение тематических карт средствами программы MAPINFO	60
ТЕСТЫ ПО МАТЕРИАЛАМ КУРСА	63
ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	72
ПРИЛОЖЕНИЕ	74
ЛИТЕРАТУРА	75

ВВЕДЕНИЕ

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 этой науки 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.

Основная цель учебной дисциплины «Экологическое картографирование» – формирование у студентов-экологов целостных представлений об особенностях, методике создания и использования карт эколого-географического содержания, а также изучение приемов информационного обеспечения при проектировании и составлении экологических карт с учетом исследования и масштабов картографирования.

Курс состоит из 5 тем, которые посвящены истории науки, топографическим картам, источникам информации в экологическом картографировании, методике создания экологических карт, использованию ГИС и средств спутниковой навигации.

Содержание курса предполагает освоение студентами базовых картографических знаний (математическая основа, условные знаки, типология и классификация карт и пр.), развитие навыков работы с картографическими источниками информации, знакомство с методами и особенностями экологического картографирования, обучение современным методам картографирования для решения прикладных задач по охране окружающей среды и осуществлению экологического мониторинга и т.д.

Издание адресовано студентам 2–3 курса, обучающимся по специальности «Биоэкология».

Тема 1

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

1.1 Исторические корни и современные концепции экологического картографирования

Термины «экологическая карта», «экологическое картографирование» были впервые введены французскими геоботаниками в 70-е годы XX столетия применительно к картам состояния растительности и антропогенного воздействия на нее. Близкие по содержанию картографические работы примерно в то же время начали проводиться и в России (научная школа академика В.Б. Сочавы).

В современном экологическом картографировании параллельно развивается **2 направления – биоцентрическое и антропоцентрическое**. *Биоцентрический подход* базируется на классическом понимании предмета экологии и нацелен на картографическое исследование взаимосвязей между биологическими видами и средой их обитания. Практически в рамках биоцентрического подхода получило развитие создание фито- и зооэкологических карт, характеризующих условия жизни организмов.

Реализация биоцентрического направления сдерживается в связи с отсутствием четких экологических критериев для сравнения, реально существующего с допустимым и желательным. Если для человека такие критерии (ПДК) при всех многочисленных недостатках существуют, то для отдельных биологических видов и, особенно, для экосистем в целом отсутствуют. Роль более или менее универсального критерия может выполнять природный фон (при максимально широкой трактовке этого понятия).

Антропоцентрическое направление представлено прикладными работами по учету природных ресурсов, оценке экологической обстановки и разработке путей ее оптимизации. Эти работы отличаются от биоцентрических тем, что оценки состояния среды выполняются с точки зрения воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека и возможности хозяйственного использования природных ресурсов.

Антропоцентрический подход по своему содержанию ближе к традиционному географическому, при котором биота рассматривается как один из равноправных компонентов ландшафта. На картах, относящихся к данному направлению, обычно содержатся сведения о ландшафтах территории, особо охраняемых природных территориях и объектах, источниках и последствиях антропогенного воздействия на среду.

Соотношения *антропоцентризма* и *биоцентризма* дифференцированы по разновидностям экологических карт: гигиенические и экономические оценки антропоцентричны, а охрана природы биоцентрична по определению. Сочетание биоцентрического и антропоцентрического подходов означает практически необходимость создания двух видов карт: базовых и оценочных.

Первые должны характеризовать величины отклонений показателей от природных, фоновых, вторые – давать гигиенические или экологические оценки последствий этих отклонений.

1.2 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 природоохран-ных программ зависит от характера исходной информации (результаты специально проведенных исследований, фондовые и статистические мате-риалы и др.).

Существуют примеры использования результатов и методов экологи-ческого картографирования и в других отраслях практической деятельно-сти. Так, по мере развития рынка недвижимости оценки экологической об-становки 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, обра-зования и воспитания заключается в создании картографических мате-риалов, 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 учеб-ных карт любого содержания является приоритет наглядности перед точ-ностью и полнотой, использование контрастных цветов, крупных обозна-чений и надписей.

Новым элементом экологического просвещения является издание со-ответствующих специальных карт и атласов, ориентированных на широкие слои общественности. Для широких слоев общественности большой инте-рес, например, представляет сравнительная характеристика территориаль-ных единиц по комфортности проживания, по возможности с гигиениче-скими и экономическими оценками.

1.3. Классификации экологических карт

Поскольку число классификационных признаков может быть практи-чески 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 яв-ляется **классификация по научно-прикладной направленности**, в рамках которой выделяются карты:

- **инвентаризационные**, т.е. нацеленные на учет и описательные ха-рактеристики 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 не-благоприятных 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 сообразно 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 (эколого-географические, геоэкологические 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 отличны от последних. Их называют *обзорно-топографическими*.

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

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.

2.1 Математические элементы топографической карты

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 обеспечивает практически несущественные искажения, которыми можно пренебречь при переносе изображения сферической, рельефной реальной поверхности на плоскость карты. 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 двуугольники (зоны), ограниченные меридианами с разностью долгот 6° (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.

Необходимо отметить, что сегодня большинство крупномасштабных картографических изображений, в том числе в сети интернет, представлены в популярной проекции WGS 84. Это необходимо помнить, используя в работе различные картографические источники особенно в электронном формате.

Разграфка и номенклатура топографических. *Разграфкой* называется система деления земной поверхности на сфероидические трапеции, которые и изображаются на листах топографических и обзорно-топографических карт в определённом 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° , 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° между параллелями, называются рядами. Ряды обозначаются латинскими буквами от A 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 четырёх символов – А, Б, В, Г (например, N-36-А).

Разграфка карт масштаба 1:200000 состоит из деления листа масштаба 1:1000000 на 36 частей путём проведения меридианов через 1° 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.

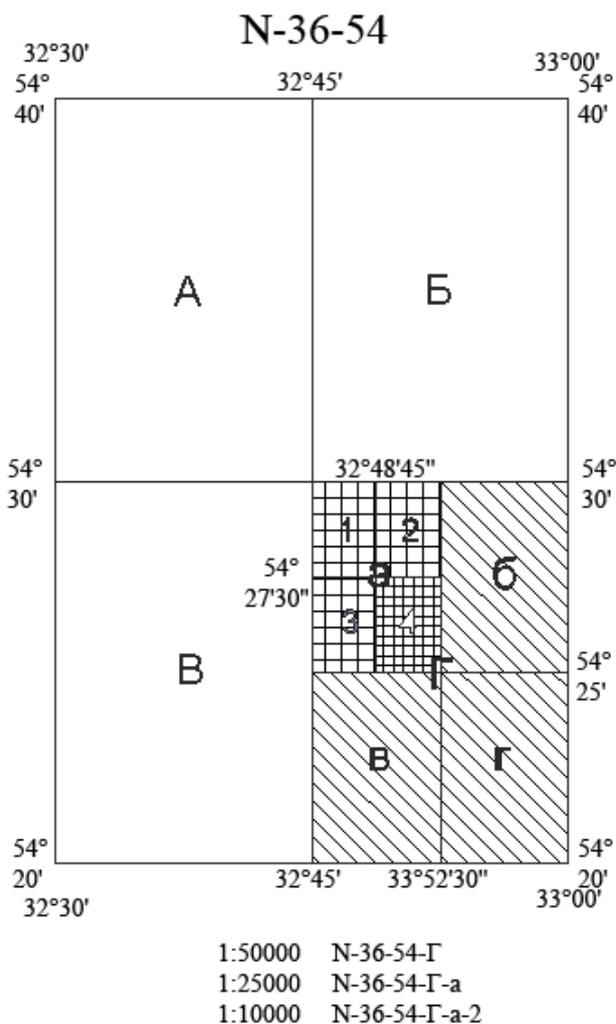


Рис. 1. Разграфка и номенклатура карт с масштабом 1: 50 000, 1:25000, 1:10000

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 горизонталей 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* горизонталей, они проводятся в любой точке и обозначаются мелким пунктиром (четверть горизонталей). 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 каналы; 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 направ-

ление 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 каналы 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 мм². Меньшие по площади водоемы показывают, когда они являются истоками рек, или находятся в безводных 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 4 мм², его изображают знаком отдельной рощи. Иногда на местности встречаются леса, где между кронами наблюдаются значительные промежутки, это так называемые **редколесья**. 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 топогра-

фических 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, каменистые 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 немасштабными 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 характеристика, так, на картах подписывают длину, ширину, грузоподъемность и материал мостов.

На топографических картах нашей страны показывают *государственные и областые 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*.

Лабораторная работа № 1

«Чтение» топографических и тематических карт.

Особенности отражения информации на различных типах карт

Цель: научиться воспринимать карту как комплексный источник информации о территории и ее характеристиках.

Материалы: комплект учебных топографических карт, атлас Беларуси, экологическая карта Беларуси.

Задание 1. Изучить участок топографической карты, соответствующий варианту. Используя условные знаки дать развернутую письменную характеристику карты и изображенной местности по предложенному плану.

План характеристики участка топографической карты

1. Номер листа, масштаб, картографическая проекция, год издания карты.

2. Географическое положение и линейные характеристики (протяженность с севера на юг и площадь) изображенной территории. Географическое положение указывается относительно крупнейшего или наиболее известного населенного пункта на карте, а также части более крупного региона. Например: *территория характеризуемого участка располагается на востоке Беларуси в центральной части Могилевской области к югу от г. Могилев // Площадь участка 4884 км // Протяженность с С на Ю – 74 км, с З на В – 66 км).*

3. Природные условия территории:

– рельеф: расчлененность, уклон, преобладающие, максимальные и минимальные высоты, наличие крупных отдельных форм рельефа, антропогенная преобразованность. По косвенным признакам может устанавливаться генетический тип рельефа и характер отложений.

- гидрография: густота речной сети, озёрность, степень заболоченности, основные речные бассейны и направление стока в них, характеристика крупнейших водных объектов.
- растительность: типы пространств, представленные на территории, для лесов характер древостоя, для открытых пространств уровень закустаренности, характер использования, вид растительности.
- иные характеристики природных условий территории.

4. Социально-экономическая характеристика: освоенность, густота и типы дорог, населенные пункты (крупнейшие, преобладающий размер и т.д.), наличие важных хозяйственных, культурных, социальных объектов, приблизительное население территории.

Задание 2. Рассмотреть предложенные варианты экологических карт. Дать характеристику одной из карт согласно плану:

1. Основные параметры карт (математическая основа, какая территория изображена, год издания, место издания).
2. Какие экологические характеристики территории отражены на карте.
3. Какие средства применены для отображения этих характеристик (типы условных знаков, подписи и пр.).

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 исследований 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 аэрофото-снимки 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 аэрофотоснимков 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 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, встреченных в пределах условно выделенного квадрата городской территории. Однако показатели видового разнообразия в полной мере проявляются на достаточно больших (5–6 км² 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 пятибалль-

ной шкале, с составлением соответствующих карт. Эти исследования не нацелены на получение однозначных результатов (в отношении поллютантов и их источников), но являются методом получения интегральной количественной оценки экологической обстановки.

Использование растительных биоиндикаторов в экологическом картографировании в целом сдерживается характером их распространения. Возможности их выбора резко уменьшаются по мере роста степени нарушения 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 большой объем 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

МЕТОДОЛОГИЯ 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 непревышения ПДК).

Границы в атмосфере. Характер переноса загрязнений в атмосфере определяется в первую очередь циркуляционным фактором и климатические границы, являясь 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 сте-

пени 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 ландшафтов 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 исто-

рически 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, под-

разделяется 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, – внemasштабные (значковые, буквенные и цифровые), линейные, площадные. При разработке легенд графические средства перечисленных групп реализуются в виде многочисленных 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 (внemasштабные знаки), линейные знаки, изолинии, качественный фон, ареалы, картограм-

мы 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, тектонических 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 количественного 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*. Псевдоизолинии 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 внемасштабных 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. *Картодиаграммами* 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.

Лабораторная работа № 2

Способы картографических изображений

и их использование в экологическом картографировании

Цель работы: изучить признаки и свойства способов картографических изображений, применяемых на экологических картах.

Материалы: карты Национального атласа Республики Беларусь

Задание 1. По материалам темы изучить способы картографического изображения явлений, объектов и прочей информации на экологических

картах. Найти на картах Национального атласа Республики Беларусь и выписать минимум по 2 примера на каждый из способов картографического изображения. Результат задания можно оформить в виде таблицы:

Способ изображения	Название карты	Изображенный объект, явление, характеристика
Способ значков	Полезные ископаемые дочетвертичных отложений	Месторождения полезных ископаемых (напр., нефти, фосфоритов)
	Оптимизированная сеть охраняемых природных территорий	Памятники природы (напр., мемориальный памятник, вековые деревья)

Задание 2. Обратив особое внимание на легенду, проанализировать специальную нагрузку карт Национального Атласа Беларуси экологической тематики на предмет определения использованных способов картографического изображения. Оценить степень соответствия выбранных способов особенностям отображаемых явлений. Дать собственные предложения по выбору способов картографического изображения для графической интерпретации отображенных явлений. Результаты анализа и оценки представить в виде таблицы следующей формы:

Название карты	Картографируемое явление	Тип локализации и явления	Характер передаваемой информации	СКИ
«Загрязнение подземных вод четвертичных отложений» (пример по карте Национального атласа Беларуси)	1. Региональное загрязнение	на площадях	качественный	ареалов
	2. Локальное загрязнение	в пунктах	качественный	значков
	3. Минерализация гидрокарбонатных кальциево-магниевых вод	сплошного распространения	Качественный, количественный	изолиний, качественно-го фона
2.	1.			
	2.			
	3.			

Лабораторная работа № 3

Разработка легенды экологической карты

Цель работы: научиться выбирать способы изображения явлений и объектов на экологических картах.

Задание. Выбрать способы изображения для одной из указанных ниже экологических карт. Дать краткое обоснование избранных способов и разработать систему условных обозначений. Оформить с хорошим графическим качеством легенду и краткий текст с обоснованием выбора спосо-

бов картографических изображений и изобразительных средств (желателен компьютерный вариант).

Вариант 1. Карта оценки экологического состояния лесов

Содержание карты:

1. Контуры лесов.
2. Районирование по пяти лесообразующим породам: ель, сосна, береза, ольха серая, тополь.
3. Таксономическая нумерация в соответствии с лесохозяйственным устройством территории: номера кварталов ГЛФ (Государственного лесного фонда), номера кварталов регионального управления лесами, номера кварталов межлесхозных насаждений.
4. Степень угнетенности леса по пяти категориям:
 - здоровые леса;
 - ослабленные (поврежденные);
 - сильно ослабленные (сильно поврежденные);
 - отмирающие;
 - сухостой.
5. Особо охраняемые лесные территории: заказники, заповедники.
6. Места промышленных и несанкционированных вырубок, гарей.

Вариант 2. Почвенно-экологическая карта

Содержание карты:

1. Распространение генетических типов почв.
2. Распространение комплексов и сочетаний почв.
3. Овражно-балочная сеть: промоины, растущие овраги, зрелые овраги, балки.
4. Основные структурные линии рельефа: уступы, бровки, подошвы склонов.
5. Степень эродированности почв по четырем категориям: сильная, средняя, слабая, защищенные (неэродированные) почвы.

Вариант 3. Комплексная экологическая карта

Содержание карты:

1. Среднегодовые фоновые индексы загрязнения атмосферы (ИЗА).
2. Коэффициенты разбавления (отношение суммарных объемов сточных вод к стоку воды на соответствующих участках рек в летнюю межень).
3. Классы вод по многолетним данным мониторинга (определенные в пунктах постоянного наблюдения за водотоками): умеренно загрязненные, загрязненные.
4. Использование земель: залесенные территории, сельскохозяйственные земли, селитебные земли.
5. Особо охраняемые природные территории и их номера по списку.

**Вариант 4. Карта загрязнения атмосферы развитого
в промышленном отношении региона,
имеющего собственное административное деление**

Содержание карты:

1. Местоположение основных загрязняющих предприятий с указанием названия. Обеспеченность предприятий очистными сооружениями. Класс опасности предприятий.
2. Общее количество выбросов в тыс. т по административным районам, степень их очистки (в % к общему количеству). Виды выбрасываемых веществ (СО, SO₂, NO₂, углеводороды, твердые и т.д.).
3. Комплексный индекс загрязнения атмосферы по региону в целом. Шестиступенчатая шкала: менее 0,06; 0,06-0,07; 0,07-0,08; 0,08-0,09; 0,9-0,10; 0,10 и более.

**Вариант 5. Карта экологической оценки состояния вод
крупного региона, имеющего собственное административное деление**

Содержание карты.

1. Местоположение основных загрязняющих промышленных и сельскохозяйственных предприятий с указанием названия. Обеспеченность предприятий очистными сооружениями. Класс опасности предприятий.
2. Общее количество сбросов в млн м³ по административным районам. Степень очистки сбросов (в % к общему количеству). Классы сбрасываемых стоков: без очистки, недостаточно очищенные, нормативно очищенные, нормативно чистые без очистки.
3. Коэффициенты разбавления (отношение суммарных объемов сточных вод к стоку воды на соответствующих участках рек в летнюю межень) по речным бассейнам третьего порядка.

**Вариант 6. Ландшафты и оценки экологических ситуаций
(карта составляется на относительно крупный регион)**

Содержание карты:

1. Виды ландшафтов (пяти категорий).
2. Комплексные оценки экологических ситуаций: относительно благоприятные, удовлетворительные, умеренно напряженные, напряженные, умеренно напряженные в городах, напряженные в городах.
3. Источники повышенной экологической опасности: действующие АЭС, места проведения подземных ядерных взрывов, ядерные полигоны, месторождения урана и предприятия по его первичной переработке.

**Вариант 7. Современные экологические изменения
поверхностных вод суши**

Содержание карты:

1. Экологическая ситуация по качеству вод: умеренно острая, острая, очень острая.
2. Сильное истощение вод.
3. Ареал истощения и загрязнения малых и средних рек.

4. Местоположение постоянных постов наблюдения за состоянием поверхностных вод. Классы вод по многолетним данным мониторинга.

Вариант 8. Карта загрязнения почв тяжелыми металлами (крупный промышленный город)

Содержание карты:

1. Основные промышленные предприятия-загрязнители. Класс опасности предприятий.

2. Структура отходов промышленного производства (выбросы, сбросы, твердые отходы) по основным предприятиям-загрязнителям.

3. Шкала значений суммарных показателей (Z_c) в фоновых концентрациях: допустимое (менее 8), повышенное (8–16), умеренно опасное (16–32), опасное (32–128), чрезвычайно опасное (более 128).

Вариант 9. Карта радиационной обстановки в крупном промышленном городе

Содержание карты:

1. Участки радиоактивного загрязнения: дезактивированные; не подлежащие дезактивации; связанные с выходами на дневную поверхность горных пород с повышенным содержанием естественных радионуклидов; связанные с естественными радионуклидами, содержащимися в гранитной облицовке набережных, памятников, зданий.

2. Значения мощности дозы гамма-излучения точечных (не выражающихся в масштабе) источников четырех категорий: 0-1000 мкР/ч, 1-10 мР/ч, 10-100 мР/ч, 100-1000 мР/ч.

3. Шкала мощности дозы гамма-излучения шестиступенчатая: 6-8, 8-10, 10-12, 12-16, 16-20, 20-25 (мкР/ч).

Вариант 10. Медико-географическая карта крупного промышленного города

Содержание карты:

1. Местоположение детской поликлиники и ее номер.

2. Общая заболеваемость детей по территориям, обслуживаемым детскими поликлиниками, трехступенчатая шкала: 12 000–17 000, 17 000–20 000, 20 000–30 000.

3. Смертность детей до 1 года на 1 тыс. родившихся, три категории: 5,0-10,9; 11,0-16,4; 16,5-27,0.

Вариант 11. Карта состояния зеленых насаждений крупного промышленного города

Содержание карты:

1. Размещение зеленых насаждений по территории города, три категории: участки насаждений, не выражающиеся в масштабе; защитные посадки вдоль дорог; лесопарковые зоны.

2. Состояние зеленых насаждений под воздействием городской среды: нормальное; почти нормальное (слабо подверженное влиянию городской среды); угнетенное в средней степени; угнетенное в сильной степени.

3. Неозелененные жилые и промышленные кварталы.

Вариант 12. Ландшафтно-экологическая карта территории крупного города и его окрестностей.

Содержание карты:

1. Первичные ландшафты, «погребенные» под современной застройкой, семь категорий.
2. Сохранившиеся естественные ландшафты, пять категорий.
3. Лесопарковые зоны. Преобладающие лесообразующие древесные породы.
4. Территория города, подверженная наводнениям.
5. Болота, осушенные разрабатываемые и выработанные торфяники.
6. Речные долины, сухие карстовые долины, карстовые воронки, дюны.

Указания к выполнению задания

При разработке условных обозначений следует учитывать тип их локализации, характер передаваемой информации и традиционные, устоявшиеся способы изображения подобных явлений. Полезно предварительно изучить карты близкой тематики, изданные в составах комплексных региональных атласов и отдельными листами, а также воспользоваться таблицей и материалами из лабораторной работы №2.

Чаще всего на одной карте требуется показать несколько явлений одновременно. В таких случаях следует их проанализировать, выделив главные и второстепенные, и в легенде расположить в последовательности убывания значимости. Естественно, для передачи основной информации рациональнее применять наиболее яркие, легко воспринимаемые способы, например качественный фон, изолинии с послышной окраской, картограммы. Однако бывает и так, что главные элементы содержания карты не могут быть переданы с помощью площадных условных обозначений (фоновых окрасок или штриховок), для них требуются, например, немасштабные условные знаки (разные типы значков, диаграммные фигуры). В таких ситуациях оформление площадных элементов должно быть выполнено бледными цветовыми тонами.

Пример выполнения задания

Карта загрязненности водных объектов крупного города.

Содержание карты:

1. Загрязненность рек по гидрохимическим показателям, шесть категорий: умеренно загрязненные, загрязненные, грязные, очень грязные, чрезвычайно грязные; реки, о состоянии которых отсутствуют данные.
2. Общее количество загрязненных сточных вод (тыс. м³/год), сбрасываемых в каждом административном районе города, пятиступенчатая шкала: до 100, от 100 до 1000, от 1000 до 10 000, от 10 000 до 100 000, более 100 000.
3. Предприятия, сбрасывающие основные объемы стоков.
4. Расстояния в км от устья водотока по течению рек.

При разработке легенды карты были предложены следующие способы: *линейные знаки, картограмма и значки.*

Реки имеют четкую линейную локализацию, поэтому для передачи их загрязненности по гидрохимическим показателям выбран способ линейных знаков: узкие полоски, расположенные вдоль русел рек. Для того чтобы передать категорию загрязненности, можно использовать фоновую окраску (если карта будет издана в цветах), или штриховку (черно-белый вариант издания), или просто линии разных структур.

Так как для количественной характеристики сбрасываемых загрязненных сточных вод избраны осредненные показатели, рассчитанные для каждого административного района города, графически интерпретировать такую информацию можно с помощью способа картограмм: ровной фоновой окраски или штриховки (цветной или черно-белый вариант оформления соответственно) в пределах границ административных районов. Интенсивность цветового тона или штриховки должна возрастать в зависимости от значения передаваемого количественного показателя. Границы административных районов можно дать простейшим линейным контуром (способ линейных знаков).

Предприятия, сбрасывающие основные объемы стоков, логично изобразить немасштабным знаком (способ значков). Если подобных объектов много, целесообразно в качестве дополнительной информации к карте дать пронумерованный перечень подробных названий предприятий – загрязнителей. Логично предположить, что отдельные предприятия-гиганты (например, судостроительные или машиностроительные заводы) могут быть выражены в масштабе карты. В таком случае использовать немасштабный знак нет необходимости, можно просто выделить площадь контура предприятия цветом, которым даны значки более мелких промышленных объектов. Наконец, расстояния в км от устья водотока естественно передать цифрой и пометить простейшим геометрическим знаком на русле реки, черточкой или точкой (рис. 2).

**Условные обозначения к карте загрязненности
водных объектов крупного промышленного города
Загрязненность рек по гидрохимическим показателям**



Рис. 2. Условные обозначения к карте загрязненности водных объектов

Тема 5

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

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 соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления.

Среди всего многообразия областей использования ГИС вопросы экологии занимают далеко не последнее место. Использование геоинформационных систем позволяет оперативно получать информацию по запросу и отображать её на картооснове, оценивать состояние экосистемы и прогнозировать её развитие.

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 экологии

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 скота 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, например, 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

Объекты и их представление 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 местоположением). 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 TIN¹*, которые применяются для построения и анализа поверхностей.

Сканирование и векторизация. Для преобразования аналоговых карт или фотографий в черно-белые или цветные цифровые изображения в растровом формате используются сканеры. Однако чаще всего после сканера цифровое изображение нужно дополнительно обработать до использования в ГИС.

На следующем этапе в процессе векторизации сканированного изображения выполняется преобразование из растра в векторные данные, которое часто называется растрово-векторное преобразование. Автоматизация векторизации сложнее по сравнению с растеризацией, поскольку векторному формату нужна топологическая структура, например, задание направления дугам, формирование левых и правых полигонов и т. д.

Специальные программы-векторизаторы (Vector, Spotlight Pro, RasterDesk Pro, EasyTrace и др.) под управлением оператора на растровом изображении выделяют тематический слой, удаляют чужеродные объекты (например, следы картографической сети и надписей), выполняют фильтрацию, т.е. удаление шумов – добавление и удаление пикселей, трасси-

¹ TIN-модель рельефа представляет собой многогранную поверхность – нерегулярную сеть треугольников, вершинами которых являются исходные опорные точки, а также точки метрики структурных линий (хребты, линии водотока, автомаги страли и т.п.) и площадей заполнения постоянным значением (водные поверхности с постоянной высотой). Исходные точки для построения TIN-модели могут располагаться с переменной плотностью в зависимости от изменений формы моделируемой поверхности, что позволяет создать эффективную и точную модель

ровку по пикселям, сшивку полилиний, оптимизацию формы линий и уменьшение числа вершин, выявляют топологические ошибки (самопересечение замкнутых контуров, недочеты и переводы), присвоение атрибутов сформированным векторным объектам.

Растреризация. В процессе работы с ГИС-технологией бывает необходимость представить имеющееся векторное изображение в растровой форме. Данное обстоятельство может быть вызвано двумя причинами. С одной стороны, после выполнения ГИС-заказа и получения картографического материала можно представлять заказчику растровые копии векторных карт. Растровый документ можно передавать на любых электронных носителях, пересылать по электронной почте; просмотр и печать растровых файлов возможны из любого стандартного Windows-приложения или из приложений на платформах Apple Macintosh и Linux. С другой стороны, растровую копию очень трудно редактировать и, соответственно, использовать для нового ГИС-проекта, что позволяет сохранять авторское право ГИС-специалистов.

Преобразование векторной карты в растровое изображение выполняется путем растреризации. Растреризация – операция дискретизации векторного изображения, имеющего единую координатную сетку с растром, в результате которой каждая точка растра (пиксел) получает значение локального свойства той части векторного объекта, положение которой совпадает с положением пиксела. В процессе растреризации можно растреризовать векторы на монохромные, цветные, полутоновые растровые изображения.

В ГИС применяется два основных способа приведения данных к растровому формату: **интерполяция и конвертирование**. При всем многообразии методов **интерполяции** суть данного процесса в современных ГИС сводится к расчету значений ячеек растра непрерывной статистической поверхности по дискретным значениям векторных объектов (точек измерения, изолиний, границ или центроидов полигонов).

Например, путем интерполяции в ГИС-проекте по прокладке трубопровода могут быть получены растровые покрытия как цифровая модель поверхности рельефа и ее производная – карта уклонов; дистанционные поверхности удаленности от транспортных коммуникаций, населенных пунктов, существующих месторождений и др.

При **конвертировании** векторных данных в растр выполняется пространственное наложение векторного покрытия на равномерную сетку (растр). При этом значения характеристик векторного покрытия автоматически присваиваются пикселям растра, пространственно совпадающим с соответствующим векторным объектом. Обычно в растр переходят значения только одного значимого поля исходного покрытия, например, типа растительности.

Так, в ГИС-проекте по прокладке трубопровода для решения задач данного проекта указанным способом могут быть получены растровые покрытия типов растительности и почв, водных объектов, транспортных

систем и инженерных коммуникаций с учетом категории, коридоров существующих трубопроводов.

Модели данных в ГИС. 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), применяемые в продуктах компании ESRI Inc., или обменный формат MIF/MID компании MapInfo.

Таблица – Поступательное развитие моделей данных ГИС

Модель данных	Применение
САПР	Инженерное проектирование
Графическая (нетопологическая)	Простое картирование
Растровые изображения	Обработка изображений
Растровая / Грид	Пространственный анализ и моделирование
TIN	Анализ и моделирование местности/поверхности
Геореляционная	Обработка геоданных по геометрическим объектам
Объектная	Обработка геоданных по настроенным объектам с «поведением»
Объектно-компонентная	Расширяемые средства обработки геоданных по настроенным объектам с «поведением»

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 свойствами 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.

Географическая привязка в ГИС. 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 России таким 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.

Следующим этапом по геопривязке в ГИС является задание системы геодезических координат (широта и долгота) на поверхности эллипсоида. Для эллипсоида Красовского это Системы координат 1942 г. (СК-42) с точкой фиксации в г. Пулково (центр круглого зала обсерватории).

Выбор эллипсоида для ГИС определяется многими факторами, в том числе удобством использования совместно с другими системами (например, системами спутникового позиционирования GPS или ГЛОНАСС). В ГИС-программах при использовании различных эллипсоидов следует учитывать, что в настоящий момент точные и однозначные параметры связи имеются не для всех комбинаций эллипсоидов. Так, например, параметры связи СК-42 и ПЗ-90 известны точно. В то же время существует несколько вариантов параметров связи ПЗ-90 и WGS-84. Причем смещение объектов на поверхности Земли при использовании разных вариантов может достигать сотен метров, что для крупного масштаба недопустимо.

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.

9. *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*. Построение буферных зон производится для точки, линии и полигона. 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.

10. *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. Методы интерполяции основаны на различных предположениях о наилучшей оценке. К ним относятся следующие: метод обратно взвешенных расстояний, кригинга, сплайна.

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, когда 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 Программное обеспечение ГИС

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

В настоящее время государственные, коммерческие и частные организации в большинстве случаев используют не собственные программные разработки по географическим информационным системам, а покупают лицензионные «коробочные» программные продукты, созданные известными производителями либо геоинформационные платформы, имеющие «открытый» код (табл.).

Использование той или иной платформы определяется характером задач, решаемых пользователем, и его финансовыми возможностями. Так, наиболее крупные промышленные и транснациональные компании, системы управления крупнейшими городскими агломерациями, чаще других используют сегодня программное обеспечение компании ESRI, Inc (Калифорния, США) – ArcGIS. Одной из самых распространенных настольных ГИС является продукт Pitney Bowes Software – MapINFO. Наиболее подходящая программа для инженерных решений модуль AutoCAD Map 3D на платформе Autodesk. Из российских ГИС необходимо отметить ГИС «Карта», созданную КБ «Панорама», успешно использующуюся также в государственных учреждениях и ведомствах Беларуси.

В последнее время набирает популярность использование в различных сферах некоммерческого свободно распространяемого программного обеспечения, среди которого наибольшим функционалом выделяется платформа QGIS, которая успешно конкурирует с ведущими коммерческими проектами.

Ведущие геоинформационные платформы

Фирма-производитель	Название	Сайт
ESRI	ArcGIS	http://www.esri.com
КБ «Панорама»	ГИС «Панорама»	http://www.geo-trade.ru
MapInfo	MapInfo Professional	http://www.mapinfo.com
Autodesk	AutoCAD Map 3D	http://usa.autodesk.com
Open Source Geospatial Founda-	QGIS	https://www.qgis.org/ru/site/

Число ведущих мировых производителей программного обеспечения по ГИС возглавляет компания ESRI Inc. (США) (www.esri.com). Одним из последних и популярных коммерческих ГИС-продуктов ESRI Inc. является ArcGIS.

Самая последняя версия ArcGIS доступна в трех комплектациях под тремя разными именами в зависимости от функциональности:

- Arc View (простая, стандартный набор ГИС-инструментов);
- ArcEditor (функциональная, профессиональный набор ГИС-инструментов);
- ArcInfo (продвинутая; промышленный набор ГИС-инструментов).

Однако независимо от комплектации ArcGIS будет содержать по крайней мере три основных программных обеспечения: ArcCatalog, ArcMap и ArcToolbox.

ArcCatalog напоминает распространенный менеджер файлов – «Проводник» операционной системы Windows. В ArcCatalog можно просматривать как пространственные, так и атрибутивные данные ГИС, в том числе и трехмерные. В ArcCatalog можно создавать файлы, папки, специальные метаданные, описывающие географические данные. Если данные являются файлом карты, то через двойной щелчок мыши можно карту открывать в ArcMap.

ArcMap – основное программное обеспечение пакета ArcGIS. Используя ArcMap, можно создавать и редактировать карту, слои, таблицы и диаграммы. Можно выполнять анализ и запрос как пространственных, так и атрибутивных данных.

Непосредственно обрабатывающие пространственную и атрибутивную информацию инструменты сконцентрированы в ArcToolbox. В ArcToolbox содержатся коллекции инструментов анализа, например по экстракции геообъектов, выполнению оверлейных операций, расчетов близости, статистики, построению поверхностей, конвертированию форматов данных и многие другие.

Если ArcGIS содержит ArcScene, то возможно построение по географическим данным трехмерных изображений.

Большим преимуществом пользователей программных продуктов ESRI является возможность использовать достижения мирового геоинформационного сообщества. Множество интересных разработок свободно предоставляется их авторами на сайте arcscript.esri.com.

Однако, у ArcGIS есть и ряд недостатков, к которым относятся высокая стоимость, сложность установки и обслуживания системы, большое количества модулей и функций, усложняющих локализацию, отсутствие переводов на русский язык части технической документации и модулей.

Необходимо отметить, что кроме названных выше существуют десятки программных продуктов, которые призваны решать узкоспециализированные задачи в таких отраслях как лесное и водное хозяйство, агросфера, добыча полезных ископаемых, городское хозяйство и т.д.

5.5 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 обрабатываться начиная с 1957 г. Спутниковые радионавигационные системы первого поколения появились в начале 1960-х гг.

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

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.

Сейчас подсистема космических аппаратов (ПКА) системы ГЛОНАСС состоит из 27 спутников. Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенных по всей территории России и в некоторых зарубежных странах. 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 2,6 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. 100%-ная непрерывная навигация на территории России обеспечивается при количестве работающих спутников от 18 и более. При этом на остальной части Земного шара могут наблюдаться перерывы в навигации. Практически непрерывная навигация по всей территории Земного шара обеспечивается при орбитальной группировке из 24 спутников.

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.

Первый спутник системы Галилео был выведен на расчетную орбиту 28 декабря 2005 г. с космодрома Байконур. В 2016 году навигационная система введена в строй и планировалось полное ее развертывание (30 спутников) закончить к 2020 году. Однако, до настоящего момента работы не завершены.

Бэйдоу (Китай). Идея создания китайской национальной региональной навигационной системы была предложена в 1983 году. Система была запущена в коммерческую эксплуатацию 27 декабря 2012 как региональная система позиционирования, при этом спутниковая группировка составляла 16 спутников. 23 июня 2020 года «Синьхуа» со ссылкой на информацию Канцелярии по управлению спутниковой навигационной системой КНР сообщило о запуске последнего из 55 спутников «Бэйдоу».

5.6 ГИС и Интернет

В настоящее время географические карты, планы городов, космоснимки, координаты географических объектов и другие пространственные данные доступны через Интернет. Например, на получившем широкую известность сервисе Google Earth (www.googlemap.com) по космоснимкам высокого разрешения можно просматривать сеть дорог, постройки в населенных пунктах, речные системы, а для городов США – даже трехмерные модели городов и т. д..

Ссылки на разнообразные картографические веб-сайты и краткие описания предоставляемых ими возможностей можно найти по адресу www.esri.com/imssites. Например, веб-сайт по адресу www.cityofwestsacramento.org/gis предоставляет карты и другую информацию о г. Сакраменто, штат Калифорния (США). Доступны сведения о земельных участках и землепользовании, зонировании, улицах, недвижимости, криминальной статистике, мэрии, школах и парках, а также материалы аэрофотосъемки.

В настоящее время уже есть примеры масштабной реализации в Интернет-портале пространственных данных на государственном уровне, например в США в рамках концепции создания Национальной инфраструктуры пространственных данных. В рабочем режиме действует второй вариант государственного правительственного портала GOS (Geospatial One-Stop Operational Portal), размещенный по адресу <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>. Этот сайт был впервые запущен в 2003 г. и быстро стал пользоваться огромной популярностью, повысив деятельность правительственных организаций и обеспечив поддержку процессов принятия управленческих решений.

Опыт успешного внедрения этого решения был принят на вооружение правительствами ряда стран, также организовавшими в Интернете государственные порталы пространственных данных. В качестве крупных реализаций региональных и национальных ГИС-порталов можно привести примеры Европейского межгосударственного портала INSPIRE, портал SNIG в Португалии, ASDI – в Австралии, NaLIS – в Малайзии, NSIF – в ЮАР, Индийский портал NSDI и др.

В настоящее время интернет-технологии предоставляют пространственную информацию как в традиционной растровой форме, так и в векторной. В этой связи компьютерную обработку географической информации (редактирование и обновление данных, статистические расчеты и построение картограмм и др.) можно проводить одновременно большому количеству пользователей.

В этой связи формирование в русскоязычной среде сети широкополосного Интернета при создании единой инфраструктуры пространственных данных позволит обеспечить многочисленных удаленных пользователей географической информацией.

Лабораторная работа № 4

Построение тематических карт средствами программы MAPINFO

Цель: ознакомиться с возможностями представления информации в геоинформационных системах.

Указания к работе

1. Запустите **MapInfo Professional**, перед вами появится меню «Открыть сразу» – нажмите «Отмена». Выберите меню Файл – Открыть. Появится диалог «Открыть», в нем откройте папку задания, указанную преподавателем. В поле появятся файлы с расширением TAB. С помощью клавиши «shift» выберите все файлы и нажмите «Enter» или «Открыть».

2. В открывшемся окне программы появятся поле карты, панель «Управление слоями», панель инструментов с иконками и основное меню со вкладками «Файл», «Правка» и т.д.

3. Вся информация на карте организована по слоям, которые отражены на панели «Управление слоями». С помощью инструментов панели можно добавлять и удалять слои карты, перемещать слои относительно друг друга, делать слои видимыми или невидимыми, изменяемыми, автоматически подписывать объекты слоя и т.д.

4. Информация в ГИС хранится в виде таблиц баз данных и связана с объектами карты. MapInfo позволяет работать одновременно с картой и списком (т.е. таблицей данных). Для этого необходимо представить данные карты в виде таблицы. Нажмите правой кнопкой мыши на строку таблицы с интересующими данными на панели «Управление слоями». В появившемся меню выберите «Показать список». Появится таблица с данными. Теперь в меню «Окно» выберите команду «Рядом». Если производить изменения в таблице они сразу будут отражаться на карте и наоборот. Но для этого рабочий слой должен быть *изменяемым*.

5. На карту в ГИС можно добавлять объекты, удалять и изменять их.

На экране две панели инструментов: «Операции» и «Пенал». С их помощью рисуют объекты на карте и проводят с ними различные операции. В зависимости от того, какое окно выбрано – окно карты или списка, на панелях инструментов будут доступны или недоступны различные инструменты.

Если вы выбрали окно карты, а инструменты рисования вам недоступны, значит текущий слой недоступен для редактирования. Сделайте его изменяемым на панели «Управление слоями».

Теперь приступим к рисованию объектов на карте. В зависимости от формы объекта используется инструмент Символ, «Прямоугольник» , «Линия» и «Полилиния»  . Чтобы выбрать нарисованный объект, нужно обязательно выбрать в панели инструментов «Операции» стрелочку.

Инструменты     задают стили будущих символов, линий и полилиний, площадных объектов и текста соответственно. Если выбран

объект, то будет задан его стиль. Также можно задать цвет объекта, дважды щелкнув на нем.

Начните **рисовать полилинию**. Нажав , выберите стиль линии и толщину. Затем выберите инструмент «Полилиния» в пенале и начинайте рисовать в границах окна карты: нажмите мышью, где будет расположена первая точка линии, далее укажите последующие точки перегиба. Чтобы завершить рисование, сделайте двойной клик мышью в точке завершения линии или нажмите клавишу Escape. Заметьте, после завершения рисования справа появилась строчка в таблице, соответствующая нарисованному объекту.

Если хотите **передвинуть созданный объект**, выберите его и зажав Ctrl подвигайте его стрелочкой на клавиатуре. Нарисуйте несколько полилиний.

Теперь **объединим** эти линии в один объект. Зажав Shift, выберите последовательно все объекты, вызовите правой кнопкой мыши контекстное меню, Объекты – Объединить – ОК. Получим единый объект.

Обратите внимание на черную точку в правом нижнем углу выбранного объекта – потянув за нее в сторону, вы **повернете объект**.

Заметьте, что строчки из таблицы превратились в одну. Аналогично попробуйте нарисовать полигон, создать символ.

Если контур объекта вас не устраивает, его можно **изменить** с помощью инструмента «Форма»  (сначала выбрав изменяемый объект стрелкой), путем перетаскивания мышью узлов, их добавления инструментом  или удаления узла, выбрав его стрелкой и нажав Delete на клавиатуре. Изменять форму можно только у областей, полигонов и полилиний.

Теперь можно настроить и отобразить **подписи к объектам**. Настройки подписей вызываются в окне «Управление слоями». Двойным щелчком по строке изменяемого слоя активируются «Свойства слоя». Кнопка «Подписи» устанавливает оформление для всех подписей карты. Настройте их по своему усмотрению. Активируйте иконку «Автоматические подписи» рядом с названием слоя – подписи включены на карте и должны отображаться.

После установки всех настроек подписей, перейдем к окну карты. Подписи можно передвигать, вращать, делать многострочными и удалять с помощью мыши. Дважды щелкните мышью на подписи и изучите ее изменяемые свойства. Чтобы сделать подпись многострочной, просто поставьте курсор перед переносимой строчкой и нажмите Enter.

Инструменты рисования используются в ГИС чаще всего для «оцифровки» растровых изображений, и коррекции объектов. Программа на растре не различает объектов – он для нее всего лишь файл с заданными координатами (если заданы). Необходимо выделить отдельные объекты с карты чтобы программа смогла их различить и запомнить.

Такой процесс называется оцифровкой растра, т.е. перевод растрового изображения в векторное нанесением на отдельный слой объектов в век-

торном виде, соответствующих объектам на растре. Оцифровка – способ занесения данных в ГИС с созданием связанной с графическим объектом базы данных.

На растре нельзя рисовать векторными инструментами, поэтому создадим отдельный слой, на котором разместятся все оцифрованные объекты и который будет связывать графические объекты и их атрибуты.

Если вы хотите изменить структуру таблицы, а не создавать ее заново, выберите в меню «Таблица – Изменить – Перестроить» и измените или добавьте необходимые поля и их параметры.

Задание 1. Создать рабочий набор с данными по метеопотенциалу загрязнения атмосферы Витебской области.

1. Скопируйте папку с данными на свой диск.
2. Переименуйте папку на своем диске, назвав её своей фамилией.
3. Откройте программу Mapinfo и файлы из скопированной папки.
4. Нанесите на карту населенные пункты из таблицы задания.
5. Внесите в колонку «метеопотенциал» одноименной таблицы данные о названии населенного пункта и уровне метеопотенциала загрязнения атмосферы.
6. Сохраните рабочий набор.

Задание 2. Постройте картодиаграмму «Метеопотенциал загрязнения атмосферы Витебской области».

1. Выберите команду «Создать тематическую карту» на вкладке «Карта».
2. Ознакомьтесь с предлагаемыми типами карт. Какой вариант наиболее приемлем для создания карты по имеющимся данным о метеопотенциале загрязнения атмосферы области и почему?
3. Выберите подходящий шаблон для построения выбранной карты и нажмите «далее».
4. Определите таблицу и колонку исходных данных, по которым будет построена карта и нажмите «далее».
5. На вкладке «Легенда» выберите диапазоны значений
6. На вкладке «Варианты» выберите типы, размеры и прочие установки (если есть) картографического отражения метеопотенциала загрязнения. Создайте карту («ОК»).
7. Сохраните рабочий набор.

ТЕСТЫ ПО МАТЕРИАЛАМ КУРСА

- 1. В современном экологическом картографировании параллельно развиваются следующие направления:**
 - естественнонаучное и социально-экономическое
 - биоцентрическое и антропоцентрическое
 - физико-географическое, эколого-биологическое и социально-экономическое
 - биоцентрическое и геоцентрическое
- 2. Результаты и методы экологического картографирования широко применяются в таких сферах, как:**
 - Физико-географические, социально-экономические и инженерно-экологические исследования
 - научно-исследовательская деятельность, практика природопользования и охраны природы, экологическое образование и воспитание
 - землеустройство, научно-исследовательская деятельность, государственное управление и прогнозирование
 - экономика, наука, образование, жилищно-коммунальное хозяйство
- 3. При картографическом обеспечении научно-исследовательских работ природоохранной направленности карты выполняют функции:**
 - предмета исследования
 - и средства, и предмета исследования
 - средства исследования
 - нет верного ответа
- 4. В рамках классификации экологических карт по научно-прикладной направленности выделяют:**
 - маршрутные
 - инвентаризационные
 - общеэкологические
 - все ответы верны
- 5. Номенклатурой топографической карты называется:**
 - система математических элементов карты
 - обозначение отдельных листов топографических карт по определенной системе
 - деление листа карты миллионного масштаба на более крупные масштабы
 - разграфка поверхности Земли картографической сеткой (параллели и меридианы)
- 6. Лист топографической карты какого масштаба является основой для разграфки и номенклатуры листов карт масштабов 1:100000?**
 - 1:200000
 - 1:1000000
 - 1:50000
 - 1:500000

7. Что не является элементом математической основы карты?

- масштаб
- горизонтали
- проекция
- координатная сетка

8. Какая проекция принята в топографии на территории Беларуси и России?

- Меркатора
- Гаусса-Крюгера
- Соловьева
- Шнитке

9. Изолинии это

- линии, определяющие ареал распространения явлений
- линии одинаковых значений картографируемого показателя
- параллельные линии, одинаковой длины
- пунктирные линейные условные обозначения

10. Что из перечисленного не является способом изображения рельефа?

- горизонтали
- изобаты
- бергштрихи
- отметки высот

11. Выберите ответ с перечислением всех групп условных знаков?

- масштабные, внемасштабные, линейные, пояснительные
- масштабные, внемасштабные, линейные
- рельефные, гидрографические, растительные, транспортные, населенные пункты, прочие
- точечные линейные, полигональные

12. Для чего используются внемасштабные условные знаки?

- для изображения объектов, о которых отсутствует какая-либо информация
- для изображения объектов, имеющих слишком малые размеры, которые невозможно отразить в масштабе карты
- с целью облегчить процесс генерализации информации на карте
- для указания на карте объектов сложной геометрической формы

13. Какое определение наиболее точно описывает понятие «генерализация»?

- выбор наиболее значимых с точки зрения исследователя объектов для картографического представления
- целенаправленный отбор объектов и явлений, соответствующий масштабу, назначению карты, а также географическим особенностям картографируемой территории

- увеличение масштаба карты, с целью отражения как можно большего количества объектов
 - построение карт наиболее важных с точки зрения исследователя районов
- 14. В физико-географическом содержании топографических карт можно выделить изображение:**
- геологического строения, рельефа, климатических особенностей, гидрографии, почв, растительности и животного мира
 - рельефа, гидрографии, растительности и грунтов
 - биомов гор, возвышенностей, равнин, рек, озер, лесов, лугов, каменистых и песчаных мест обитания
 - рельефа, гидрографии, климата, растительности и почв
- 15. Выберите одно наиболее правильное утверждение:**
- маленькие черточки у горизонталей, направленные в сторону уменьшения высоты называют штрих-кодом высоты
 - при одной и той же высоте сечения расстояние между соседними горизонталями будет тем меньше, чем больше угол наклона
 - линию на топографической поверхности, все точки которой имеют одинаковую отметку высоты называют изобатой
 - все утверждения верны
- 16. Характеристика древесной растительности на карте дается:**
- Оттенками зеленого цвета и специальными условными знаками, значение которых зависит от масштаба карты и характерных особенностей территории
 - зеленым цветом, условными знаками хвойного и лиственного деревьев с указанием преобладающих пород и дробным индексом, в котором указывается высота, средний диаметр стволов на высоте 1,5м и среднее расстояние между деревьями
 - индексом, пояснения которому помещаются в легенду и содержат данные о типе древостоя, высоте, среднем диаметре стволов на высоте 1,5м и среднем расстоянии между деревьями
 - нет верного ответа
- 17. На топографической карте нет обозначения:**
- редколесий
 - подтопленных лесов
 - буреломов
 - горелых и вырубленных лесов
- 18. Какой информации о населенных пунктах нельзя найти на топографической карте?**
- численность населения
 - численность автотранспорта
 - расположение промышленных предприятий
 - материал построек

19. Ширина знака, которым отображают дороги:

- всегда соответствует ширине реальной дороги уменьшенной согласно масштабу
- обозначает тип и значение дороги
- обозначает количество полос движения
- материал дороги (бетон, асфальт, щебень, грунт, ледовый зимник)

20. Источником экологической информации в Беларуси, не являются:

- Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья
- Материалы Орхузской конвенции о распространении экологической информации
- территориальные органы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды
- Национальный статистический комитет Республики Беларусь

21. Классификация информационных источников экологического картографирования по применяемым научным методам и техническим приемам включает:

- космо- и аэрофотосъемку, экспедиционные материалы, тематические карты, данные соцопросов, статистические материалы, материалы наблюдений, метод трансект и т.д.
- дистанционное зондирование, характеристики источников и объемов техногенных нагрузок, экспедиционные и стационарные исследования состояния компонентов природной среды, состояние биоиндикаторов
- геодезию, картографию, топографию, географию, экологию
- Минприроды, Государственный статистический комитет, МЧС, Министерство здравоохранения, Министерство науки и образования.

22. Дистанционные методы экологических исследований подразделяются на:

- космические, авиационные и сейсмические
- пассивные и активные
- лабораторные, стационарные и экспедиционные
- космические, авиационные и беспилотные

23. Об использовании пассивных дистанционных методов в экологическом картографировании можно сказать следующее:

- у них нет минусов
- они зависят от комплекса физико-географических факторов (облачность, растительный покров и пр.)
- применение лидаров скоро потеряет свою актуальность
- плохо подходят для мониторинга, но идеальны для осреднения показателей за длительный период времени

- 24. К депонирующим компонентам окружающей среды относят:**
- атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды (в пределах зоны активного водообмена).
 - почвы, донные отложения, снег и лед, глубинные подземные воды (зона замедленного водообмена), растительные ткани
 - воду, почву, воздух, организмы
 - человека, растительность, животный мир.
- 25. Результаты картографирования данных по содержанию поллютантов в почве могут характеризовать загрязненность за:**
- сезон
 - весь период антропогенного воздействия
 - год
 - избранный период
- 26. Эффективность применения медико-статистических характеристик в эколого-картографических целях повышается,**
- с увеличением площади картируемого региона
 - при высокой плотности населения
 - при низкой плотности населения
 - в случае использования проекции Меркатора
- 27. При картировании региональных и локальных особенностей загрязнения атмосферы большое значение имеют элементы подстилающей поверхности, которые обуславливают их перераспределение. К таким элементам-барьерам относят:**
- шоссейные дороги
 - побережья крупных водоемов
 - линии электропередач
 - тектонические разломы
- 28. При картировании экологической обстановки на реках границы участков водотоков разной степени загрязненности принято проводить:**
- параллельно берегам реки
 - поперек течения
 - по границам населенных пунктов, пересекающим реку
 - согласно положениям водного кадастра
- 29. Обособлению и увеличению экологической значимости биотических границ территориальных выделов способствует:**
- интенсивная миграция представителей биоты
 - юридическое оформление, или охрана
 - проведение дистанционных исследований
 - высокая активность рельефообразующих процессов

- 30. Выберите фактор, не влияющий на репрезентативность показателей экологического картографирования:**
- точность, сравнимость и воспроизводимость наблюдений и измерений;
 - утверждение перечня параметров согласно ТКП
 - выбор точки пространства для проведения наблюдений и измерений
 - выбор момента времени для проведения наблюдений и измерений
- 31. Требуемый уровень информативности элементарных показателей в экологическом картографировании достигается:**
- за счет увеличения количества точек наблюдения
 - путем их интеграции по времени, территории, ингредиентам и т.д.
 - с помощью применения более точных приборов
 - в результате применения геоинформационных технологий
- 32. Все множество объективно существующих природных и общественных явлений, отображаемых на картах, с картографической точки зрения, подразделяется на следующие группы, в зависимости от характера пространственной локализации:**
- физико-географические и социально-экономические явления
 - явления, локализованные в пунктах, на линиях, на площадях, сплошного и рассеянного распространения.
 - физико-географические, социально-экономические и экологические явления
 - явления, распространенные в населенных пунктах, на сельскохозяйственных угодьях и в природных условиях
- 33. Способ локализованных диаграмм отражает:**
- любое явление имеющее возможность быть отраженным в виде диаграммы
 - динамику явлений с помощью графиков или диаграмм, характеризующих явление в пунктах его изучения
 - распределение параметра в различных точках
 - динамику явления с помощью диаграмм, вынесенных в легенду карты
- 34. Способ картодиаграмм предполагает изображение:**
- любого явления имеющего возможность быть отраженным в виде диаграммы
 - суммарной величины каких-либо явлений с помощью графиков или диаграмм, помещаемых внутри единиц территориального деления, чаще всего административного
 - данных о различных характеристиках явления или объектов в виде диаграммы в точках наблюдения
 - любого явления или объекта изображенного на карте в виде диаграммы
- 35. Отметьте неверное утверждение. ГИС – это**
- геоинформационная система
 - государственная информационная система

- это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико-картографическое моделирование и образное интегрированное представление географических и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления
 - инструмент анализа территориально определенных данных
- 36. Атрибут в геоинформационных системах – это**
- характеристики проекций, используемых для отображения экологической информации
 - свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект не связанный с его местоположением
 - свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект, связанный с его местоположением
 - любая характеристика объекта или явления имеющая отражение на карте
- 37. Растровая модель географических данных:**
- представляет реальные географические объекты в виде графических примитивов – точек, линий, полигонов.
 - способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу
 - единственный адекватный вариант представления пространственно определенных данных
 - применяется только в случае использования ДЗЗ и других фотографических изображений исследуемой территории
- 38. Векторная модель TIN:**
- является результатом анализа Территориальной Интерпретации Натуральных объектов.
 - применяются для построения и анализа поверхностей
 - позволяет определить внутреннюю структуру объекта
 - один из вариантов представления базы данных
- 39. Интерполяция – это**
- определение среднего значения в точках наибольшей интенсивности появления свойств объекта
 - процесс определения значения ячеек растра из ограниченного количества точек данных образца для построения и анализа поверхностей
 - осреднение значений показателя в конкретной точке
 - операция дискретизации векторного изображения, имеющего единую координатную сетку с растром, в результате которой каждая точка растра (пиксел) получает значение локального свойства той части векторного объекта, положение которой совпадает с положением пиксела

- 40. Географическая привязка в ГИС – это**
- ориентирование объектов по сторонам горизонта.
 - вводе значений географических координат в изображение
 - задание точек важных для планируемого исследования экологического состояния территории
 - задание требуемых значений для подключения карт к информационной сети
- 41. Геокодирование в ГИС – это**
- шифрование географических координат объектов
 - преобразование описания местоположения (например, координаты, адрес или название места) в местоположение на поверхности Земли
 - перевод данных о географическом положении в двоичный код
 - задание требуемых значений для подключения карт к информационной сети и системе GPS
- 42. Выберите один наиболее правильный ответ. ГИС предоставляют возможности:**
- автоматизированного поиска мест по критериям для размещения любого техногенного объекта
 - все ответы верны
 - автоматизированного расчета маршрутов передвижения, расстояний, площадей, периметров, буферных зон геообъектов
 - классифицировать состояние территории по поверхностям
- 43. ЦМР может храниться в виде:**
- только в формате растровой (PSD) модели данных
 - растровой (GRID) и векторной (TIN) модели данных
 - только в формате растровой (GRID) модели данных
 - только в формате векторной (TIN) модели данных
- 44. ЦМР – это**
- центральный модуль распределения данных
 - цифровая модель рельефа
 - цифровой модуль расчетов
 - целевая модель (растровая)
- 45. Геоинформационной платформой, наиболее подходящей для целей экологического картографирования, можно назвать:**
- Photoshop Pro
 - ArcGIS
 - Autodesk map 3D
 - 2GIS
- 46. ArcInfo – это**
- наиболее простая комплектация ArcGIS, включающая стандартный набор ГИС-инструментов
 - наиболее продвинутая комплектация ArcGIS, включающая промышленный набор ГИС-инструментов

- наиболее функциональная комплектация ArcGIS, включающая профессиональный набор ГИС-инструментов
 - модуль ArcGIS для работы с информационными базами
- 47. Системы спутниковой навигации состоят из:**
- 24 спутников и приемного модуля на Земле
 - космического, управляющего, пользовательского сегментов
 - аппаратного (спутникового), программного и коррекционного сегментов
 - 18 основных и 9 резервных спутников, станций слежения (по одной на каждый континент и многочисленных принимающих устройств пользователей)
- 48. Российская система спутниковой навигации называется:**
- Байконур
 - ГЛОНАСС
 - ЭРДАС
 - РОСНАС
- 49. Системой, позволяющей любому исследователю определять положения объектов с сантиметровой точностью, является:**
- GPS
 - RTK
 - Galileo
 - ГИС
- 50. В случае неадекватного отображения карт в рабочем окне ГИС необходимо скорее всего:**
- перезагрузить компьютер
 - скорректировать проекцию отображения карты
 - изменить настройки геокодирования
 - включить автоматический поиск ошибок базы данных карт

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Картографирование потенциала загрязнения атмосферы

Цель работы: освоить применение картографических методов для анализ пространственной и временной изменчивости экологических характеристик (прим. - потенциал загрязнения атмосферы).

Материалы: данные наблюдений на метеостанциях населенных пунктов региона и ближайших пунктов смежных регионов, контурная карта на территорию региона, калькуляторы, чертежные принадлежности.

Картографирование потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) проводится на основе данных стационарных метеорологических наблюдений, в мелких и средних масштабах. Величина ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения атмосферного воздуха в конкретном районе, с определенной повторяемостью неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условий (НМУ), будет выше или ниже, чем в некотором другом районе, принятом за эталон.

Поскольку состояние атмосферы претерпевает как внутри, так и межгодовые изменения, различают *климатический* и *метеорологический потенциал загрязнения атмосферы*. Климатический ПЗА отражает среднюю повторяемость и степень выраженности НМУ, определяется исходя из средних многолетних характеристик и является стабильной характеристикой.

Метеорологический потенциал загрязнения атмосферы (МПА) определяется конкретными метеоусловиями и **постоянно** изменяется. Поскольку климатический и метеорологический потенциалы загрязнения атмосферы обладают повсеместным распространением и характеризуются количественно, для их картографирования используется способ изолиний.

Картографирование ПЗА включает вычисление его значений для метеостанций, с использованием соответствующих формул, и географическую интерполяцию, с вычерчиванием изолиний. При мелкомасштабном картографировании климатического ПЗА выявляется влияние циркуляционных особенностей глобального и регионального масштаба, воздействие крупных форм рельефа.

Метеорологический потенциал загрязнения атмосферы (МПА) характеризуется значительно большей пространственной и временной изменчивостью и является предметом среднемасштабного картографирования. Для определения МПА используются параметры, определяемые на значительно большем числе метеостанций. Для определения МПА была предложена формула Т. Г. Селегей:

$$\text{МПА} = (P_{\text{сл}} + P_{\text{T}})/(P_0 + P_{\text{в}}),$$

где $P_{\text{сл}}$ – повторяемость слабых ветров (0-1 м/с); P_{T} – повторяемость дней с туманом; P_0 – повторяемость дней с осадками 0,5 мм и более; $P_{\text{в}}$ – повторяемость скорости ветра 6 м/с и более.

Карты МПА могут создаваться для средних многолетних характеристик того или иного месяца (или иного интервала), осредненных величин

за конкретный отрезок времени, либо по состоянию на определенные моменты (день и час). При составлении таких карт весьма важно придерживаться географического подхода к интерполяции данных, поскольку величины параметров, определяющих МПА, даже при равнинном рельефе могут различаться в несколько раз, в зависимости от расположения метеостанции на водоразделе, склоне или в долине. При этом данными наблюдений на метеостанциях обеспечены лишь единицы из многих тысяч конкретных элементов рельефа. В то же время такое картографирование – весьма важная прикладная задача, поскольку позволяет количественно охарактеризовать различия в уровнях загрязнения при одном и том же выбросе, в зависимости от места размещения источника.

Задание 1. По данным наблюдений на метеостанциях региона (приложение) рассчитать МПА за какой-либо период года (для года в целом, теплого или холодного полугодия, отдельных сезонов, отдельных месяцев). Результаты вычислений оформить в виде таблицы.

Задание 2. Построить карту распределения значений МПА за год, один месяц или какой-либо другой период времени способом изолиний.

Задание 3. Построить карту распределения значений МПА в течение определенного периода времени способом локализованных диаграмм.

Задание 4. Построить отдельные диаграммы распределения значений МПА для каждого населенного пункта в течение года. Диаграммы могут быть представлены в виде простейших двумерных графиков либо в виде «роз».

Задание 5. Проанализировав расчетные и графические материалы, сделать выводы относительно преобладания рассеивающих или накапливающих процессов в воздухе изучаемых населенных пунктов и причинах такой ситуации.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Населенный пункт	Повторяемость ветров со скоростью 0-1 м/с, %	Повторяемость ветров со скоростью 6 и более м/с, %	Повторяемость дней с осадками более 0,5мм, %	Повторяемость дней с туманом, %	МПА
Верхнедвинск	27,02	4,44	80,65	9,68	
Витебск	30,33	1,64	95,03	9,68	
Лепель	24,19	1,61	83,87	6,45	
Докшицы	14,92	20,16	70,97	12,90	
Езерище	30,24	4,032	83,87	14	
Лынтупы	27,41	3,22	74,19	25,80	
Орша	16,13	11,69	77,42	6,45	
Полоцк	28,63	0,41	90,32	3,22	
Сенно	33,47	0,41	61,29	4,89	
Шарковщина	24,19	7,25	77,41	19,35	

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. – 228с.
6. Салищев, К.А. Картоведение: учебник для ун-тов / К.А. Салищев. – 2-е изд., доп., перераб. – Москва: 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.

Учебное издание

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1-33 01 01 БИОЭКОЛОГИЯ**

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине

Составитель

ТОРБЕНКО Андрей Борисович

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

В.Л. Пугач

Подписано в печать .2022. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 4,27. 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.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.