

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
ПРОФЕССОРА Б. И. КОЧУРОВА

*Допущено
Учебно-методическим объединением
по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся
по направлению «Экология и природопользование»*

2-е издание, переработанное и дополненное



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 528.912(075.8)
ББК 26.17я73
Г35

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *В. В. Гутенев* (Российская академия государственной службы при Президенте РФ);

д-р геогр. наук, проф. *В. С. Тикунов* (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова);

канд. геогр. наук *Н. Н. Комедчиков* (зав. лабораторией картографии Института географии РАН)

Г35 **Геоэкологическое** картографирование : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / [Б. И. Кочуров, Д. Ю. Шишкина, А. В. Антипова, С. К. Костовска] ; под ред. Б. И. Кочурова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 224 с., [24] с. цв. ил. : ил. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-8510-4

Учебное пособие создано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Экология и природопользование» (квалификация «бакалавр»).

В учебном пособии рассмотрены принципы и методы разработки геоэкологических (экологических) карт и их место в системе тематического картографирования. Приведена классификация карт по разным критериям и дан анализ общей системы современного геоэкологического картографирования. Подробно освещены разработка и составление отдельных частных и комплексных карт экологического содержания. Особое внимание уделено комплексному картографированию экологических проблем и ситуаций.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования. Может быть полезно широкому кругу читателей, заинтересованных в экологическом благополучии территории России.

УДК 528.912(075.8)

ББК 26.17я73

Учебное издание

**Кочуров Борис Иванович, Шишкина Диана Юрьевна,
Антипова Ангелина Васильевна, Костовска Силвия Костадинова**

Геоэкологическое картографирование

Учебное пособие

Редактор *Л. В. Честная*. Технический редактор *Н. И. Горбачева*

Компьютерная верстка: *Д. В. Федотов*. Корректор *Г. Н. Петрова*

Изд. № 102116164. Подписано в печать 27.07.2012. Формат 70 × 100/16. Гарнитура «Newton».

Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,1 (в т. ч. цв. вкл. 1,95). Тираж 1 000 экз. Заказ №

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 26б.

Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48. Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. AE51. Н 16067 от 06.03.2012.

Отпечатано с электронных носителей издательства.

ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.

Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Home page — www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) — sales@tverpk.ru.

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Коллектив авторов, 2009

© Коллектив авторов, 2012, с изменениями

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-7695-8510-4

Картографирование как метод пространственного анализа является одним из важнейших приемов и средств, сопровождающих все без исключения географические исследования, которые на современном этапе становятся все более экологизированными. Среди них — возникшее в конце XX в. междисциплинарное направление, получившее название «геоэкология». Его основной объект — система «природа — социум» («природа — общество»), которая может изучаться как с позиций естественно-научных (геоэкологических), так и гуманитарных (социально-экологических) дисциплин. Исследовательской базой для этого направления служит ландшафтная структура территории, представленная совокупностью природных и природно-антропогенных ландшафтов (геосистем), которые получают оценку как среда обитания и объект хозяйственной деятельности человека. Развитие геоэкологии приводит не только к появлению новых по содержанию и назначению карт, но и к смене концепций картографирования, подходов к созданию карт и способов отображения на них объектов и явлений, приобретающих экологическое значение.

Создание геоэкологических (экологических) карт следует рассматривать как логическое завершение самостоятельного исследования — эколого-географического (экодиагностического) анализа любой территории, нацеленного на определение тех условий и свойств, которые характеризуют окружающую человека среду. Критерии и показатели, отражаемые на таких тематических картах, имеют строго антропоцентрический смысл и соответствуют тем экологическим требованиям, которые человек предъявляет к окружающей среде, к ее природным и природно-антропогенным элементам.

Взаимодействие человека с окружающей природной средой обусловлено его материальными и духовными потребностями. Для понимания его места и роли в современном мире необходимо установить связи человека с теми экологически значимыми и ценными свойствами природной среды (ландшафтов), которые в комплексе обеспечивают его выживание, практическую деятельность, интеллектуальное и духовное развитие.

К важнейшим для человека экологическим свойствам среды относятся выгодное географическое положение, наличие различных природных ресурсов, уровень тепло- и влагообеспеченности территории, водные пути, красота природных ландшафтов, их уникальность и неповторимость и др. Отбор этих свойств (показателей), их анализ и оценка — ключевые моменты в эколого-географических (экодиагностических) исследованиях, способствующих гармонизации отношений общества и природы при организации системы природопользования и рациональному обустройству территории на ландшафтной основе. Территория, которая служит естественным базисом размещения всех элементов среды обитания человека, является важнейшей подсистемой в геоэкосоциосистеме. Поэтому оценка

и картографирование экологического состояния отдельных территориальных выделов с учетом их устойчивости и способности к самовосстановлению присущих им природных ландшафтов — одна из важнейших задач всего экодиагностического исследования.

На современном этапе геоэкологическое (экологическое) картографирование уже достаточно прочно утвердилось в географии и геоэкологии, находя все более широкие подходы к созданию картографических произведений различного экологического содержания. Значительный интерес к геоэкологическим картам, обусловленный главным образом стремлением понять и улучшить окружающую человека среду, предъявляет высокие требования к созданию данных карт, заставляет увеличивать не только информационную емкость экологических картографических материалов, но и их наглядность, доступность для восприятия и практического использования.

Несмотря на относительную «молодость» геоэкологическое картографирование уже накопило достаточно обширный опыт, о чем свидетельствует большое количество публикаций, использованных при создании данного учебного пособия. Особое место среди карт экологического содержания принадлежит картам комплексной оценки экологического состояния территории, раскрывающим на основе различных тематических и частных экологических карт закономерности и особенности взаимодействия системы «природа — общество» на конкретных территориях.

В предлагаемом читателю учебном пособии представлены итоги развития геоэкологического (экологического) картографирования в XX в. и указаны некоторые тенденции в разработке данного направления в XXI в.

Своеобразие взгляда авторского коллектива на суть геоэкологического картографирования нашло отражение в структуре учебного пособия, отборе значимых вопросов, использовании методов изучения и способов изложения материала.

Структура учебного пособия построена по принципу от «частного к общему» и имеет следующие разделы: «Введение», «Теоретические и методические основы геоэкологического картографирования», «Тематические группы экологических карт (обзор)», «Комплексное экологическое картографирование», «Виды и направления экологического районирования», «Атласное экологическое картографирование», «Геоинформационные системы и геоэкологическое картографирование», «Заключение», «Словарь терминов», «Список использованной литературы», а также приложения, включающие учебно-тематический план с контрольными вопросами, практические занятия, темы рефератов и перечень вопросов к экзамену.

Приведенные в книге схемы, карты, словарь терминов, вопросы и задания призваны помочь лучшему усвоению и закреплению материала и должны способствовать самостоятельной, творческой работе студентов.

Наблюдаемые во многих регионах мира ухудшение состояния окружающей природной среды, видоизменение и деградация природных геосистем и условий жизнеобеспечения населения ведут к появлению реальной экологической опасности с далеко идущими и непредсказуемыми последствиями для существования человечества. Отсюда постоянно возрастающее внимание человеческого общества к экологическим проблемам и усилия, предпринимаемые для сохранения окружающей природной среды со всеми ее свойствами и разнообразием. Все более востребованными и перспективными становятся исследования по оценке состояния окружающей природной среды и определению степени благоприятности или неблагоприятности условий на конкретных территориях для проживания населения.

Объединение усилий географов и экологов для решения проблем, а точнее для оценки пространственно-временных особенностей взаимодействия общества со средой, привело к появлению особого научного направления, обозначаемого термином «геоэкология», имеющего чрезвычайно широкое толкование. Современные геоэкологические представления в значительной степени основаны на системных и антропоцентрических подходах, активно развивающихся в последние десятилетия XX — в начале XXI в.

Взаимодействие между обществом и окружающей средой, которое происходит в различных зонально-природных и социально-экономических условиях, на уровне конкретных современных геосистем, т.е. на определенных территориях, заставляет рассматривать в качестве объекта изучения геоэкологии сложные экосистемы, представленные различными природно-антропогенными комплексами, ядром которых является сам человек. В таких экосистемах человек живет не только в природной, но и в техногенной, хозяйственно-экономической, социальной, этнокультурной и многих других средах, которые обретают территориальное выражение. Все эти окружающие человека среды взаимосвязаны, дифференцированы, интегрированы в различные структуры и образуют общую геоэкосоциосистему.

Геоэкология призвана разрабатывать целостную систему пространственно-временного анализа экологической обстановки, а также причин возникновения и территориального распространения экологических проблем и ситуаций и вытекающие из такого анализа способы их классификации, оценки и картографирования. В целом геоэкологию можно рассматривать как своеобразную экодиагностику территории, заключающуюся в выявлении и изучении признаков, которые характеризуют современное и ожидаемое состояние окружающей среды и отдельных геосистем. При этом основным стержнем экодиагностики остается изучение природных свойств территории и тех изменений, которые имеют важное экологическое значение с точки зрения проживания человека.

Изучение такого сложного объекта, как геоэкоосоциосистема, в целях системного и пространственного синтеза данных и знаний предполагает использование совокупности географических, экологических и иных методов исследования. Среди них важнейшее место занимают геосистемный анализ, получивший широкое распространение в комплексных географических и ландшафтных исследованиях, а также эколого-географический анализ, завоевывающий все более устойчивые позиции в науках об окружающей среде.

В экодиагностике геосистемный и эколого-географический анализ направлен прежде всего на экологическую (геоэкологическую) оценку территории, т. е. на определение степени пригодности природно-ландшафтных условий (в том числе и измененных человеком) для проживания населения и занятия хозяйственной деятельностью.

Обращение к ландшафтной структуре территории и использование выявляемых целостных многокомпонентных геосистем в качестве основы для оценки экологических свойств окружающей среды обусловлены рядом преимуществ, позволяющих сделать эколого-географический анализ более углубленным. Среди таких преимуществ — возможность рассматривать весь комплекс взаимодействующих в геоэкоосоциосистеме компонентов и все происходящие или ожидаемые изменения и последствия фиксировать в каждом из компонентов, имеющих пространственную привязку.

Как известно, от свойств и состояния природных ландшафтов зависят чрезвычайно важные для человека и весьма уязвимые при антропогенных воздействиях естественные средо- и ресурсовоспроизводящие процессы. В полной мере такие восстановительные функции способны выполнять лишь ландшафты, находящиеся в естественном состоянии. Если же природные компоненты оказываются нарушенными, выполнение ландшафтом названных функций становится неполным или совсем прекращается. Это приводит к потерям (ущербу) вследствие истощения природных ресурсов, снижения урожаев, роста заболеваемости населения и т. п. Иначе говоря, степень нарушения природных компонентов ландшафтов непосредственно влияет на уровень удовлетворения человеческих потребностей. Таким образом, все свойства природной среды, свидетельствующие о степени ее благополучия (неблагополучия), экологически значимы для человека.

Экологическая оценка территории (экодиагностика) состоит из следующих основных этапов:

- характеристика природно-ландшафтной дифференциации территории;
- оценка свойств, составляющих ее эколого-ресурсный потенциал;
- выявление потенциальной способности ландшафтов противостоять антропогенным нагрузкам;
- установление антропогенных воздействий на каждый ландшафт;
- определение состояния ландшафтов по изменениям их компонентов;
- определение экологических проблем и ситуаций и оценка степени их остроты;
- картографирование экологических проблем и ситуаций;
- разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки.

Экологическое картографирование, являясь одним из этапов экодиагностики, позволяет получить объективную, достоверную и наглядную информацию о состоянии окружающей среды определенной территории, в том числе и о пространственной дифференциации экологических проблем и их сочетаний (экоситуаций).

Помимо разработки комплексных карт экологических проблем и ситуаций, т. е. собственно эколого-географического (экодиагностического) направления, в очень широкой сфере геоэкологического картографирования как такового существуют и другие подходы к оценке и отображению на карте состояния окружающей среды: по состоянию отдельных компонентов (атмосферы, воды, почв, растительности и т. п.), по распространению загрязнений, по степени деградации ландшафтов, по оценке природных условий жизни населения и т. д.

По мнению В. С. Преображенского (1990), экологические карты — это не карты природы вообще (ландшафтные, почвенные, геоботанические), а карты, показывающие отношения человека и окружающей его природы. Множество этих отношений можно выразить различными частными картами и очень трудно выразить их на единой комплексной экологической карте.

Разработка комплексных экологических карт и их названия тесно связаны с современным пониманием предмета экологии как отношений человеческого организма и среды (Б. И. Кочуров, Н. А. Жеребцова, 1994).

По мнению Л. Г. Руденко и А. Н. Бочковской (1992), эколого-географическое картографирование зародилось в рамках картографирования природопользования и охраны окружающей среды и оформилось как самостоятельный раздел тематического картографирования. Появился новый тип карт, отображающих пространственно-временные аспекты взаимодействия природы и общества с антропоцентрической точки зрения. Эти карты являются оценочными и носят сугубо субъект-объектный характер.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что сфера геоэкологического картографирования отчасти соприкасается с областями биоэкологического и антропоэкологического картографирования.

Биоэкологическое картографирование принадлежит к самостоятельному направлению — биоэкологии и имеет целью картографическое отображение результатов аналитических исследований экологического состояния биоты. Характеристика других факторов окружающей среды дается на таких картах лишь в том объеме, который необходим для показа условий обитания отдельных организмов, в том числе и человека. Примером могут служить фитоэкологические карты, которые отражают основные связи растительности с условиями обитания различных видов и поэтому могут использоваться для индикации фитоэкологических параметров среды (В. Т. Жуков и др., 1999).

Антропоэкологическое направление в картографии наиболее тесно связано с экологией человека, изучающей широкий круг демографических, медицинских, социологических и других показателей, непосредственно относящихся к человеку или к отдельным человеческим общностям, в том числе и характеризующих степень адаптации человека к окружающей природной среде (Т. И. Алексеева, 1977, 1998; Б. Б. Прохоров, 1998).

Геоэкологическое направление как наиболее широкая сфера экологического картографирования занимается разработкой различных видов карт по охране природы, в которых центральным объектом является природа, испытывающая массивированные антропогенные воздействия, стремительно меняющие природные процессы, геосистемы и их компоненты, сформированные на протяжении миллионов лет эволюции. На тематических (отраслевых) картах этого направления находят отражение прежде всего отдельные результаты антропогенных воздействий (виды загрязнений, характер загрязнителей в различных средах, геохимические

показатели и т. п.), а также синергетические эффекты и общее состояние геосистем всех уровней, включая биосферу, что дает возможность использовать такие карты для разработки конкретных мер по охране природы.

В. Т. Жуков с соавторами (1999) сформулировали следующие принципы геоэкологического картографирования:

- *принцип системного анализа-синтеза* требует учета и картографирования структуры, состава, функционирования, динамики и эволюции всех подсистем — природной, хозяйственной, населенческой;

- *эволюционно-генетический принцип* вытекает из требований системного подхода, отражает необходимость поиска временных и генетических характеристик изучаемых объектов, процессов и явлений в системе «природа — население — хозяйство», их анализа и картографирования;

- *факторальный принцип* направлен на поиск, выявление и исследование причинно-следственных отношений в указанной системе и ее отдельных блоках (т. е. выявление системообразующих связей);

- *структурно-морфологический принцип* нацеливает на изучение морфологических характеристик исследуемого объекта, его компонентного (элементарного) состава и суперпозиций между отдельными блоками-подсистемами;

- *процессуально-динамический принцип* отражает необходимость изучения процессов функционирования энергомассообмена в системе и подсистемах триады «природа — население — хозяйство».

В этот перечень необходимо включить также *принцип приоритетности антропоцентрического подхода* при оценке любой экологической ситуации. Здесь важно подчеркнуть, что широко используемые в настоящее время в самых различных сферах термины «экология», «экологический» по существу имеют строго определенный антропоэкологический смысл, поскольку применяются для обозначения тех явлений и объектов, которые принадлежат среде, окружающей человека, и, таким образом, непосредственно оказывают влияние на его жизнедеятельность.

Помимо общеметодологических, важную роль играет и ряд частных принципов, в том числе *модульный*, предусматривающий последовательное выполнение процедур, которые имеют одинаковое целевое назначение и определяют функционирование отдельных методов картографирования, и *принцип сочетаемости* (комбинационный), обеспечивающий взаимное сочетание и расположение объектов по определенным правилам (Б. И. Кочуров, Н. Н. Малахова, 1997).

Общее наиболее наглядное и комплексное представление о состоянии окружающей природной среды можно получить по результатам экодиагностических исследований территорий с использованием геосистемного и эколого-географического анализа. Итоговые комплексные экологические карты в этих исследованиях интегрируют и синтезируют данные частных экологических карт также с антропоцентрических позиций.

О том, что такое комплексное направление в экологическом картографировании реально существует, свидетельствуют разработки Института географии РАН, выполненные совместно со специалистами других российских организаций, которые нашли свое отражение в сводных и справочных изданиях (Н. Н. Комедчиков, А. А. Лютый и др., 1993; Н. Н. Комедчиков, А. А. Лютый, 1995). Исходя из этих работ и принимая во внимание основные экологические факторы, формирующие условия проживания населения, все разнообразие уже разработанных экологических карт можно разделить на несколько тематических групп:

- карты оценки природных условий и ресурсов для жизни и деятельности человека;
- карты экологически неблагоприятных и опасных для человека природных процессов и явлений;
- карты устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям;
- карты антропогенных воздействий на природную среду и ее изменений.

Можно выделить и ряд других групп, включая карты медико-географические и карты охраны природы, а также комплексные экологические (геоэкологические или эколого-географические) карты, которые получили в настоящем издании наиболее полную характеристику.

Большое значение для экологического картографирования имеет создание геоинформационной системы (ГИС), обеспечивающей все этапы изучения и картографирования экологических проблем и ситуаций. Несмотря на все увеличивающиеся потоки сведений о взаимодействии природы и общества, недостаток достоверной информации вследствие отсутствия всестороннего геоэкологического мониторинга ощущается постоянно и всюду, поэтому особое внимание необходимо уделять информации, получаемой с отраслевых и комплексных географических карт и космofотоснимков, а также использованию ГИС-технологий.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

1.1. История становления и современное состояние геоэкологического картографирования. Классификация карт

Становление и развитие геоэкологического картографирования. В историческом плане современное геоэкологическое (экологическое) картографирование возникло и развилось на базе теоретических установок и методических приемов, относящихся к разным направлениям тематического картографирования. Предшественниками экологических можно считать карты, созданные на основе биоэкологического и антропоэкологического подходов.

В рамках геоботанического картографирования зародилось фитоэкологическое картографирование, основной объект которого — условия существования растений, их взаимосвязи со средой. Основоположниками его следует считать французскую школу экологического картографирования растительности. Примечательно, что термин «экологическая карта» также введен французскими геоботаниками в 70-е гг. XX в. В СССР близкие по содержанию работы проводились под руководством В. Б. Сочавы в Институте географии СО АН СССР. Так, еще в 1977 г. была выпущена «Корреляционная эколого-фитоценотическая карта Азиатской России» масштаба 1 : 7 500 000 (И. И. Букс и др.). Определенное распространение получили и зооэкологические карты.

Первоначально аспекты взаимодействия человека с окружающей средой не включались в сферу экологического картографирования. По мнению В. Б. Сочавы (1979), «экологические карты как карты экосистем должны отражать их критические компоненты и основные связи между животными и растениями. Человек в экосистему не входит. Она картируется как одна из составляющих среды человека, а не как среда в целом со многими ее компонентами, поэтому в отношении последнего расширять содержание экологических карт нет надобности».

Вопросы взаимодействия человека и природы, включая и последствия этого взаимодействия, успешно изучали другие отрасли тематического картографирования, прежде всего медико-географическое. Этапом в развитии экологического картографирования стала разработка карт природных условий жизни населения. Исследования О. Р. Назаревского с соавторами получили картографическое выражение на изданной в 1984 г. «Карте оценки природных условий жизни населения СССР». На ней отражена оценка отдельных элементов природных условий по типичным местностям, выделены зоны природных условий жизни населения, показана степень их благоприятности в сравнении с условиями средней полосы европейской части СССР.

Как отмечено ранее (Л. Г. Руденко, А. И. Бочковская, 1992), эколого-географическое картографирование зародилось в рамках картографирования природопользования и охраны окружающей среды. В современном понимании карты природопользования начали разрабатывать с конца 60-х гг. XX в. Эти карты отражали хозяйственное использование территорий, антропогенное воздействие на природу, состояние окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов, природоохранные мероприятия и т. д. Одними из первых публикаций по картографическим исследованиям проблем природопользования стали работы сотрудников Отделения географии АН УССР (А. П. Золовский и др., 1978).

Анализ картографических исследований в области природопользования и охраны природы показывает их явную экологическую направленность. Эту тенденцию подтверждает анализ значительного количества карт природоохранных атласов. Экологическая направленность карт проявляется в их содержании, отображающем «подсистемы или некоторые компоненты элементов природной среды и их влияние на человека, их связи с элементами социальными и техногенеза; элементы техногенной среды и их влияние на человека и природную среду; эрозию, уничтожение растительности и видов животных; вредные для человека явления, эстетическое состояние окружающей среды» (И. Ю. Левицкий, 1986). Такие акценты говорят о начале перехода к исследованиям другого качества и уровня.

Развитию экологического картографирования в немалой степени способствовала общественно-политическая обстановка в СССР в конце 80-х гг. XX в., когда резко возрос интерес широкой общественности к экологическим проблемам в стране, возникли и развивались общественные экологические организации. На этом этапе экологические карты рассматривались в качестве научного обеспечения программ и действий экологического движения в стране.

В условиях провозглашенного курса на экологизацию внутренней и внешней политики возникли насущные задачи картографического обеспечения решения экологических проблем, планирования, управления природопользованием. Необходимость экологического картографирования была признана на государственном уровне: в постановлении Верховного Совета СССР «О неотложных мерах экологического оздоровления страны» ставилась задача создания экологических карт территории СССР и его крупных регионов. В 1993 г. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ приняло обширную программу по экологической безопасности России, в которой значительное место уделено экологическому картографированию.

Знаковым событием в истории экологического картографирования, позволившем выделить его в самостоятельную отрасль тематического картографирования, была разработка комплексных экологических карт. Первой из них стала «Карта наиболее острых экологических ситуаций СССР» масштаба 1 : 8 000 000, созданная в Институте географии АН СССР под руководством Б. И. Кочурова в 1989 г. Она вызвала огромный интерес в научных кругах и широких слоях общественности, была опубликована в научных и популярных изданиях, вошла в национальные доклады по состоянию окружающей среды СССР и России за 1989, 1990 и 1991 гг.

На карте показаны ареалы экологических ситуаций различных степеней остроты, возникших в результате негативных изменений экологически значимых свойств ландшафтов, важных для человека и его хозяйственной деятельности. Антропоцентрический подход и оценочность — главные принципы составления данной карты.

Другое концептуальное направление комплексного экологического картографирования, возникшее в это же время и разрабатываемое А. Г. Исаченко (1993), подразумевает прежде всего отказ от какой-либо оценки. Считается, что оценка, как и прогноз, — предмет отображения на вторичных картах, производных от «общей», или «универсальной». При создании такой «общей» карты приоритет отдается экологическим типам ландшафтов, которые выделяются по экологическому потенциалу и по основным последствиям антропогенного вмешательства. Дополнительными элементами содержания являются очаговые техногенные воздействия и специфические естественные и антропогенные экологические аномалии. На этих принципах построены эколого-географические карты Севера Европейской России (масштаб 1 : 4 000 000), бассейна Ладожского озера (масштаб 1 : 1 500 000) и Вологодской области (масштаб 1 : 2 500 000).

Конец 80-х — начало 90-х гг. XX в. — период бурного развития экологического картографирования, о чем свидетельствуют обилие публикаций в научной и массовой периодической печати, выпуск тематических сборников, демонстрации многочисленных изданных и рукописных карт (А. Г. Исаченко, 1992).

Интерес к экологическому картографированию отражается в проведении большого числа конференций и совещаний. Толчком для развития концептуальных исследований можно считать семинар по эколого-географическому картографированию Сибири, организованный в 1986 г. в Иркутске Институтом географии СО АН СССР. Именно здесь была выдвинута задача разработки теоретико-методических принципов эколого-географического картографирования и дана одна из первых его научных трактовок как интегрального направления современного развития различных отраслей тематической картографии (Л. Г. Руденко, А. И. Бочковская, 1992).

В дальнейшем теоретические, методологические, методические вопросы экологического картографирования постоянно обсуждались на различных географических и картографических собраниях: IX Всесоюзной конференции по тематическому картографированию (Харьков, 1988), IV Региональной конференции по тематической картографии (Иркутск, 1989), совещании «Проблемы эколого-хозяйственного состояния территории и составление экологических карт» (Колומна, 1990), IX съезде Географического общества СССР (Казань, 1990), совещании «Принципы и методы экологического картографирования» (Пушино, 1991).

Развитие экологического картографирования в начале 90-х гг. XX в. идет в направлении массовой разработки комплексных экологических карт более крупных масштабов, создаваемых широким кругом научных и производственных учреждений во многих регионах России. В основном эти карты построены с применением ландшафтного подхода, показывают размещение отдельных видов использования земель, источников загрязнения, нередко с количественными характеристиками. Как правило, на них отражено также состояние отдельных компонентов окружающей среды. В качестве примера можно привести экологическую карту Ленинградской области (1990).

Проблемно-экологический подход, требующий высочайшей квалификации разработчиков и огромного количества информации, получил меньшее распространение. Воплощением такого подхода в региональных исследованиях стала «Карта экологических ситуаций Республики Татарстан» (1994). Экологическая обстановка проанализирована по административным районам, в качестве основного критерия принят интегральный показатель из двенадцати факторов антропогенного воздействия.

Середина 90-х гг. XX в. отмечена многочисленными разработками теоретических концепций, принципов и методов в области регионального атласного картографирования (В. Е. Закруткин и др., 1999). Различаясь в деталях, все они предусматривают сходную структуру атласов, которые состоят из нескольких блоков, посвященных природным и антропогенным факторам, влияющим на экологическую обстановку, состоянию компонентов окружающей среды, здоровью населения. Как правило, проводится и интегральная оценка экологической ситуации.

Современное состояние геоэкологического картографирования. К настоящему времени сформировались научные школы, создавшие на базе собственных концепций многочисленные картографические произведения. В их числе — школа экодиагностики и экологического картографирования, развивающаяся в Институте географии РАН, где подготовлена серия экологических карт разного масштаба, охватывающих территорию всей России, территории отдельных ее регионов, областей, краев, а также других стран (США, Китай). Новейшие разработки этого коллектива — созданные в 2002 г. интегральная комплексная карта районирования территории России и карта, отражающая экологические и социально-экономические ситуации, сложившиеся в России на рубеже XX и XXI вв.

Признанным центром экологического картографирования является географический факультет МГУ. Среди его разработок выделяются «Эколого-географическая карта России» масштаба 1 : 4 000 000, созданная в 1991 г. (опубликована в 1996 г.) совместно с Институтом географии СО РАН и НИИ географии СПбГУ, и первый научно-справочный «Экологический атлас России», вышедший в свет в 2002 г. Во многих научных центрах сформировались и успешно работают региональные научные школы.

Результаты исследований в области экологического картографирования освещаются в отечественных научных журналах: «Известия РАН. Серия географическая», «География и природные ресурсы», «Известия РГО», «Геодезия и картография», «Экологические системы и приборы» и др. Традиционно большое внимание уделяет этим вопросам общественно-научный журнал «Проблемы региональной экологии», посвятивший им рубрику «Экологическая оценка и картографирование».

Результаты экологического картографирования заняли достойное место в системе экологического образования. В настоящее время экологические карты внедрены в школьный курс географии как на общенациональном (федеральном), так и на региональном уровнях, включены в школьные атласы. Так, в атласе «География России» для 8 — 9 классов (1996) помещена карта «Экологические проблемы»; атлас «География России. Население и хозяйство» для 9 класса (1999) содержит карту «Экологические ситуации». Школьный атлас Ростовской области (2004) включает две карты: «Экологические условия» и «Экологическая обстановка».

Классификация карт. В целях осмысления опыта разработки геоэкологических (экологических) карт предпринимаются попытки их систематизации и классификации. В качестве критериев классификации используются различные признаки и их сочетания. Классификации могут быть основаны на обобщении фактически существующих картографических материалов либо на теоретических предпосылках.

Число классификационных признаков практически так же безгранично, как число экологических проблем и подходов к их изучению (В. И. Стурман, 2003). На высших уровнях классификации применяются универсальные критерии: содержательная концепция; степень интеграции информации (частные и общие,

аналитические и синтетические, элементарные и комплексные карты); временные аспекты (карты современного состояния, потенциальных состояний, ретроспективные, прогнозные).

Основные критерии классификации карт включают тематическое содержание, функции, целевое назначение; вторичные критерии — масштаб, территориальный охват, временную частоту (повторяемость), технологию составления, формы разработки и картографического представления.

Классификации по направлениям экологического картографирования учитывают его структуру. В каждом направлении сложились определенные разновидности карт. Так, Л. Е. Смирнов (1994) выделяет биоэкологические, социально- и экономико-экологические, а также инженерно-экологические карты. По мнению С. Е. Сальникова (1993), экологические карты можно разделить на три основных тематических класса: собственно экологические, или биоэкологические (цель — охрана живой природы как совокупности территориально выраженных экосистем); эколого-геологические (цель — охрана геологической среды как первичной абиотической основы биосферы); эколого-географические (цель — охрана природной среды как совокупности наземных и водных геосистем разной степени антропогенной трансформации и разного уровня организации, определяемого масштабом картографирования). К. Н. Дьяконов и А. В. Дончева (2002) в экологическом картографировании различают три направления (и соответственно три группы карт): отраслевое (эколого-геохимическое, медико-экологическое, ландшафтно-экологическое, эколого-демографическое); комплексное (эколого-географическое) и эколого-геологическое.

Деление карт по их тематике — один из самых распространенных подходов при систематизации массива экологических карт. Так, Л. Е. Смирнов (1994) разделяет карты на следующие виды, содержащие ряд разновидностей:

- карты состояния природной среды (карты оценки природной среды и неблагоприятных условий; карты, предупреждающие о риске стихийных бедствий; карты нарушений состояния природной среды);
- карты охраны природы (карты заповедных территорий и карты природоохранных мероприятий);
- карты природопользования (представлены одной разновидностью — картами использования земель).

Несколько иная классификация разработана на географическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова (Комплексное экологическое картографирование, 1997):

- карты воздействий на природную среду и их последствий;
- карты оценки состояния природной среды;
- карты прогноза состояний природной среды и оценки ее прогнозируемого состояния;
- общие эколого-географические карты;
- карты существующей системы природоохранных мероприятий, природоохранных организаций, природоохранных технических устройств;
- комплексные карты охраны природы.

А. М. Берлянт (2001) предложил выделять следующие группы геоэкологических карт:

- карты факторов, воздействующих на окружающую среду в целом и на отдельные ее компоненты;

- карты состояния окружающей среды в целом и ее компонентов;
- карты результатов и последствий воздействия на среду;
- карты условий жизни населения;
- карты защиты среды и обеспечения экологической безопасности.

В ряде случаев классификации, построенные на основе анализа практики, дополняют перспективными, но еще недостаточно разработанными разделами. Ученые Института географии СО РАН предлагают следующие классы экологических карт:

- карты факторов и условий среды (физико-географические карты, характеризующие условия жизнедеятельности; карты природно-ресурсного и экологического потенциала территорий; устойчивости геосистем);
- карты процессов (распространения загрязнений, миграции, эрозии, опасных природных явлений);
- карты состояний (современного и прогнозируемых, в том числе карты антропогенных изменений);
- карты проблем (остроты экологических ситуаций);
- карты организации охраны природы и ресурсопользования (контроля и управления природопользованием).

Наряду с группировкой карт по тематике, т.е. выделением видов карт, необходимо учитывать и типы карт. Согласно общепринятой классификации **типы карт** выделяют по широте тематики, приемам исследования картографируемых явлений, степени объективности и практической направленности.

По *широте тематики* карты делят на общие, содержащие полную характеристику явления, и частные, ограничивающиеся отображением отдельных его аспектов. Например, частной является карта загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами, а общей — карта районирования территории по степени загрязненности какого-либо компонента природной среды. Однако понятие широты относительно, и последняя карта может рассматриваться как частная по отношению к карте общей структуры загрязнения, отражающей не только изменение химического состава компонентов природной среды, но и причины, его вызвавшие (источники загрязнения) (Б.А. Новаковский и др., 2005).

В зависимости от **приемов исследования** карты могут быть аналитическими (показывающими отдельные стороны процесса без отражения взаимосвязей с другими его сторонами), синтетическими (дающими целостную характеристику процесса и учитывающими структуру и связи составных частей картографируемого объекта), а также комплексными (отображающими одновременно несколько свойств явления, но раздельно, каждое в своих показателях). К аналитическим картам принадлежит обширная группа моноэлементных карт распространения того или иного химического элемента или соединения в различных компонентах природной среды. Примером синтетической карты может служить карта загрязнения атмосферного воздуха, показывающая, с одной стороны, объемы выбросов, виды и токсичность загрязняющих веществ, а с другой — природные условия распространения поллютантов (потенциал загрязнения атмосферы) и отображающая всю перечисленную информацию путем зонирования территории по степени загрязненности. Та же карта, но без последней стадии синтеза информации относится к комплексным.

По **степени объективности** можно выделить четыре группы карт (Б.А. Новаковский и др., 2005):

— документальные — наиболее распространенная группа геоэкологических карт, отражающих реальные явления по результатам непосредственного исследования территории, включает карты размещения источников загрязнения, объема и структуры выбросов (сбросов), складирования токсичных отходов, загрязнения компонентов природной среды в точках опробования и др.;

— карты, содержащие выводы и умозаключения, — также многочисленная группа, включающая не только карты районирования, где выделение зон зависит от представления составителя о структуре и взаимосвязях картографируемого явления, но и моноэлементные карты загрязнения каким-либо веществом в изолиниях, проведение которых варьирует в зависимости от представлений автора об условиях распространения элементов;

— гипотетические — карты, основанные на недостаточном фактическом материале, при создании которых недостаток данных может быть восполнен научными знаниями о структуре, динамике и взаимосвязях картографируемого явления (к гипотетическим можно отнести прогнозные карты);

— тенденциозные карты содержат заведомо неверное, искаженное отображение действительности (например, в случае спора между двумя предприятиями о происхождении загрязнения при экологическом аудите картографические документы могут быть намеренно искажены в пользу той или иной стороны).

Классификацию экологических карт по целевым функциям предложили Л. Г. Руденко и А. И. Бочковская (1992), выделив группы карт, предназначенные для следующих целей:

— изучение глобальных проблем выживаемости человека в деградирующей среде;

— исследование эколого-географических проблем регионального и локального уровней;

— мониторинг среды;

— образование и информирование широких слоев населения о состоянии среды.

Функциональное деление экологических карт, проведенное С. Е. Сальниковым (1993), предусматривает четыре основные группы:

— инвентаризационные (констатационные) карты — фактологические, показывающие состояние и нарушение природной среды в конкретных качественных и количественных характеристиках;

— оценочные карты, содержащие оценки состояния и нарушений природной среды по соответствующим нормам и нормативным показателям по отношению к человеку и биоте в целом как основному экологическому «субъекту»;

— оценочно-прогнозные (прогнозные) карты, содержащие прогноз состояния и оценку прогнозируемого состояния природной среды вследствие планируемых или проектируемых воздействий с учетом природных свойств ландшафтов;

— рекомендательные карты, направленные на оптимизацию и гармонизацию отношений в природной среде, предотвращение или смягчение неблагоприятных явлений и их последствий.

Классификация экологических карт по назначению выделяет (В. И. Стурман, 2003):

— карты для научно-исследовательских работ природоохранной направленности (с дальнейшим подразделением согласно структуре научных дисциплин об окружающей среде и ее охране);

- карты для практической природоохранной деятельности (в том числе инвентаризационно-оценочные, прогнозные, рекомендательные, контрольные);
- карты для экологического просвещения, образования и воспитания.

Обобщая существующий опыт, в качестве примера можно привести классификацию экологических карт Л. М. Корытного (1995), охватывающую практически всю совокупность их важнейших характеристик. Им выделены следующие группы карт:

- 1) по направлению — антропоцентрические (А) и биоцентрические (Б);
- 2) по полноте охвата связей — частные (A^1 , B^1), комплексные (A^2 , B^2);
- 3) по содержанию — карты факторов или условий (ф), процессов (п), состояния (с), проблем и ситуаций (пр), организации охраны природы и ресурсопользования (о);
- 4) по характеру представления информации и уровню анализа — инвентаризационные («и» — вверху буквенного индекса содержания), оценочные (о), прогнозные (п), рекомендательные (р);
- 5) по предназначению — базовые («б» — внизу буквенного индекса содержания), оперативные (о);
- 6) по ячейке картографирования — карты административных единиц (1 — внизу буквенного индекса направления), ландшафтов (2), бассейнов (3), природно-хозяйственных, экологических или ресурсных ареалов (4), без ячейки (5);
- 7) по пространственному уровню, масштабу — локальные (1 : 1 000 — 1 : 25 000) — I, межрегиональные (1 : 50 000 — 1 : 200 000) — II, макрорегиональные (1 : 250 000 — 1 : 2 500 000) — III, глобальные (мельче 1 : 5 000 000) — IV;
- 8) по категории пользователей — научно-поисковые («н-п» — вверху индекса обозначения масштаба), производственные (п);
- 9) по способу представления информации — бумажные («б» — внизу индекса обозначения масштаба), электронные (э).

Классификационные уровни представлены девятью таксонами с независимыми критериями (основаниями классификации). Каждому таксону соответствует определенный индекс. Классификационная система является открытой, т.е. допускает появление новых таксонов — подклассов естественных и антропогенных факторов, биотических и абиотических факторов и т.п. В соответствии с данной системой карта «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации» будет иметь следующую классификацию: антропоцентрическая, комплексная, проблемная, оценочная, базовая, глобального уровня, научно-поисковая, бумажная, в качестве ячейки картографирования выступают ареалы экологических проблем и ситуаций.

В настоящее время в экологическом картографировании в целом существует ряд нерешенных проблем. Прежде всего отсутствует общепринятая концепция этого вида картографирования.

Унификация подходов в сфере такого по существу научно-поискового направления, как экологическое картографирование, неприемлема, однако составление производственных экологических карт должно вестись на единой научно-методической основе. В связи с этим актуальна разработка некоторых общих принципов экологического картографирования, формулировка единых требований к содержанию карт и способам его отображения. Очевидна также необходимость создания системы государственного экологического картографирования на разных уровнях (федеральном, региональном, локальном) в целях обеспечения экологической ин-

формацией государственных организаций и органов управления. Для построения такой системы требуется разработка методик и инструкций.

Сложная методика составления экологических карт (особенно комплексных) не позволяет в полной мере применять достижения ГИС-технологий. Часто применение ГИС ограничивается электронной картографией, т. е. цифрованием готовых авторских оригиналов. Необходима разработка методики экологического картографирования, ориентированной на использование ГИС-технологий.

В экологическом картографировании часто отсутствует достоверная информационная база. Информация ограничена в объеме, противоречива и недоступна разработчику карт. Преодолеть эту проблему можно лишь путем создания системы государственного комплексного геоэкологического мониторинга.

Что касается системы классификации карт, то в настоящем издании специальные разделы посвящены рассмотрению тематических групп экологических карт и экологическим картам комплексного содержания.

1.2. Научно-методические основы и информационное обеспечение геоэкологического картографирования

Научно-методические основы геоэкологического картографирования.

Антропоцентрический принцип — это стержень, определяющий специфику как отраслевого (частного), так и комплексного геоэкологического картографирования. Вторым существенным признаком является «оценочность» геоэкологических карт. Даже инвентаризационные карты распространения отдельных загрязнителей, составленные по материалам детальных натурных измерений, на самом деле передают оценку загрязнения среды.

В основе существующих научно-методических подходов лежит *объект* геоэкологического (экологического) картографирования. Такими объектами являются реально существующие территории, обладающие следующими свойствами (Оценка качества ..., 1995):

- определенными (специфическими) характеристиками природных компонентов;
- различным типом и интенсивностью антропогенной нагрузки (воздействия);
- различным характером и степенью проявления негативных изменений окружающей природной среды, вызванных антропогенной деятельностью;
- однонаправленностью трендов изменения природных и антропогенных процессов и явлений.

В зависимости от подходов к определению основных объектов (единиц) экологического картографирования развиваются и научные направления.

Ландшафтно-экологическое картографирование, развиваемое географами Санкт-Петербурга во главе с А. Г. Исаченко, состоит в том, что в качестве объекта картографирования используется природный территориальный комплекс (ПТК), ранг и размеры которого определяются масштабом исследования. Трудности при таком подходе возникают, когда проводится исследование ландшафтов, значительно измененных хозяйственной деятельностью, а также из-за накопления информации о состоянии окружающей среды в границах административных единиц, которые, как правило, не совпадают с границами ПТК.