

Лекция 1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ

Непременным условием существования и развития современного общества, как во всем мире, так и в России, является глобальное использование природных ресурсов. Достижение материально-технического благополучия общества за счет неупорядоченного потребления ресурсов стало наиболее типичной чертой современной цивилизации. С одной стороны это влечет за собой истощение всех без исключения видов природных ресурсов Земли. С другой стороны, неконтролируемое антропогенное воздействие на окружающую среду приводит к постоянному ухудшению качества объектов природы, так как в процессе техногенного загрязнения они теряют свои исходные свойства.

В настоящее время изменения окружающей среды в результате крупномасштабного антропогенного воздействия на биосферу Земли привели не только к резкому ухудшению условий жизни всех живых организмов биосферы, но и сделали проблематичным само существование человека. Экологические проблемы стали настолько актуальны и значимы для современного общества, что к их решению привлекаются многочисленные научно-исследовательские и проектные организации, создаются специализированные отраслевые подразделения для решения задач природоохранной направленности.

Планирование, проведение и контроль результатов природоохранных мероприятий требует не только наличия объективной информации об экологической обстановке исследуемой территории, но ее представления в наглядном, экономичном и понятном потребителю виде. Поэтому в современных условиях картографический метод познания становится одним из важнейших методов и средств изучения состояния биосферы и ее отдельных компонентов. Он обеспечивает точность пространственной привязки разнородной экологической информации как к пунктам наблюдения, так и к локальным участкам картографируемой территории; позволяет наглядно отобразить на карте выявленные природные и техногенные закономерности; облегчает оценку экологической обстановки на исследуемой территории и способствует формулированию выводов и рекомендаций по ее улучшению.

В целом применение картографического метода исследования способствует более рациональному планированию дальнейших экологических исследований. Поэтому изучение и планирование природоохранной и природопользовательской деятельности без соответствующего картографического обеспечения нерационально и затруднительно. Разработка картографического обеспечения природоохранной деятельности, осуществляющейся в государственном и региональном масштабах, является одной из важнейших задач экологического картографирования.

Экологическое картографирование – это отрасль тематического картографирования, разрабатывающая методы и технологии объективного, информативного и наглядного отображения результатов взаимодействий в системе «Человек-природа». **Целью** этой **научной дисциплины** является обобщение

всей интересующей потребителя экологической информации, ее территориальная привязка и представление в наиболее удобной для анализа и сравнения форме. В качестве **объекта картографирования** экологическое картографирование рассматривает природно-территориальные комплексы в их современном состоянии и антропогенные факторы, воздействующие на окружающую среду.

Как самостоятельная научная дисциплина, экологическое картографирование сформировалось только к началу 90-х гг. XX века, поэтому в нем много нерешенных задач. Большинство авторов (Касимов, Стурман, Маликов) формулируют **первоочередные задачи экологического картографирования** следующим образом:

- 1) Разработка руководящих и нормативных документов по содержанию и организации работ в области экологического картографирования.

- 2) Разработка унифицированных легенд и макетов экологических карт различного содержания и масштабов.

- 3) Разработка общепринятого подхода к созданию экологических карт, предназначенных для практического обеспечения природоохранной деятельности, в том числе инвентаризационных, оценочных и прогнозных экологических карт.

- 4) Разработка картографического обеспечения экологического образования, просвещения и воспитания, то есть учебных экологических карт и атласов, ориентированных на широкие слои общественности.

Экологические карты призваны отображать с помощью различных изобразительных средств особенности пространственного распространения и временной динамики процессов взаимодействия человеческого общества с окружающей средой. Поэтому карты данного типа зачастую используются как научно-справочное пособие при решении конкретных задач по изучению текущего состояния окружающей среды и разработке мероприятий по ее охране и восстановлению.

Сфера использования экологических карт охватывает следующие направления:

- 1) Установление основных задач по природоохранным мероприятиям и организации мониторинга, с учетом того, что различные природные системы могут по-разному реагировать на одно и то же техногенное воздействие.

- 2) Разработка картографического обеспечения конкретных природоохранных мероприятий, включающего карты гигиенической и экологической оценок, карты прогноза экологической ситуации, карты рекомендуемых природоохранных мероприятий, карты контроля выполнения мероприятий.

- 3) Разработка планово-проектных материалов по оптимальной хозяйственной организации картографируемой территории. Эти материалы должны отражать результаты территориальной увязки размещения различных функциональных зон и инженерных объектов внутри них, и согласования функциональных зон особенностями местного ландшафта (объектами гидрографии, рельефом, растительностью и пр.).

- 4) Оценка техногенного воздействия на окружающую среду в пределах картографируемого региона, позволяющая получить информацию о возможном

состоянии окружающей среды после завершения строительства и на период эксплуатации промышленных объектов различных типов.

5) Оценка экологической безопасности картографируемой территории с выделением удовлетворительных, напряженных, критических, кризисных и катастрофических ситуаций. Для решения этой задачи необходимо использовать экологические карты, отражающие наличие, региональные особенности и многообразие сочетаний антропогенных факторов в пределах исследуемой территории.

Лекция 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

В настоящее время, в соответствии с целевой установкой и актуальными задачами экологического картографирования, особенно широкое распространение, приобрели экологические карты производственного назначения. Основные виды этих карт представлены на рис. 1.

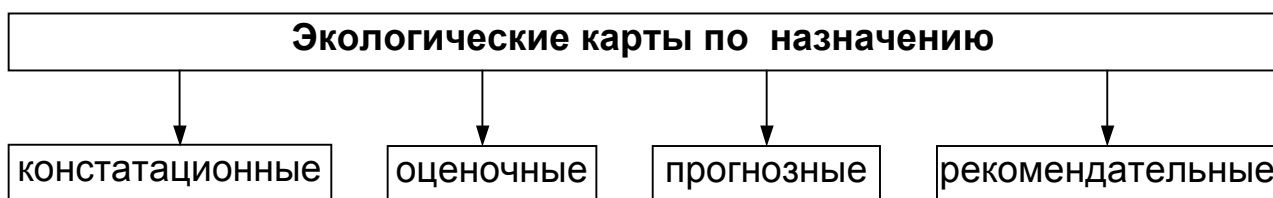


Рисунок 1 - Классификация экологических карт по назначению

Констатационные экологические карты предназначены для отображения сложившейся экологической ситуации в системе «Человек-природа» без характеристики степени отличия состояния картографируемых объектов от их нормального (естественного) состояния (Временная инструкция).

Основным тематическим содержанием карт данного вида является современное состояние отдельного природного компонента (атмосферного воздуха, поверхностных или подземных вод, почв, растительного покрова), включая **объемы, качественный и количественный состав выбросов загрязняющих веществ, структуру и уровень загрязнения отдельных компонентов окружающей среды**. Например, такие карты могут отображать материалы статистической отчетности по отдельным городам, административным районам и субъектам России о суммарных годовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников.

Характеристика степени вредности отображенных на карте загрязнений окружающей среды для здоровья человека или других живых организмов не входит в компетенцию констатационных экологических карт.

Оценочные экологические карты.

Экологическая оценка - это классификация (районирование, типология) участков исследуемой территории, которая отражает в определенных показателях и категориях степень опасности имеющихся загрязнений для живых организмов и уровни существующих или предполагаемых антропогенных воздей-

ствий относительно определенной нормы (Божилина). В процессе экологической оценки полученные сведения о сложившемся состоянии окружающей среды сопоставляются с установленными критериями.

В качестве таких **критериев** рассматриваются официально принятые **нормативы ПДК вредных веществ, нормативы ПДВ и сбросов вредных веществ, нормативы ПДУ радиационного воздействия, нормативы ПДУ шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий.**

Основное содержание оценочных экологических карт может варьироваться следующим образом:

1) Карты оценки ущерба, наносимого природной среде и здоровью населения различными видами хозяйственной деятельности.

2) Карты оценки факторов загрязнения и изменения природной среды, ограничивающих комфортность и безопасность проживания населения на данной территории.

3) Карты оценки перспектив дальнейшего развития различных видов производственной деятельности на данной территории в соответствии с принятыми нормами показателей качества окружающей среды и здоровья населения.

В процессе создания оценочной экологической карты необходимо, опираясь на принятые нормативы и методические рекомендации, четко установить грань между благоприятным и неблагоприятным состояниями компонентов окружающей среды, или между опасным и неопасным уровнями вредности антропогенных загрязнений для здоровья местного населения.

Таким образом, основным картографическим источником для создания оценочной экологической карты будет являться констатационная экологическая карта, ранее составленная на исследуемую территорию. Необходимо заметить, что на основании одной и той же констатационной экологической карты можно составить несколько различных оценочных карт, в зависимости от поставленных целей и используемых критериев оценки. Например, на основании карты, констатирующей современное состояние поверхностных вод, могут быть составлены карта оценки состояния поверхностных вод с точки зрения питьевого водоснабжения или карта оценки водных ресурсов с точки зрения промышленного использования.

Прогнозные экологические карты – это карты, оценивающие **вероятность изменения (ухудшения или улучшения) текущей экологической ситуации в течение определенного (произвольно выбранного или научно обоснованного) промежутка времени.** К данному виду карт также причисляют карты, отражающие предполагаемые **последствия реализации принятых решений в различных видах антропогенной деятельности,** например, последствия строительства новой АЭС, водохранилища, проведения конкретного природоохранного мероприятия и пр.

Прогнозные экологические карты могут создаваться двумя способами:

а) по результатам исследования динамики процессов взаимодействия в системе «Человек-природа» за небольшой отрезок времени;

б) на основании научно обоснованных гипотез или экспертных оценок автора карты, опирающихся на определенные научные принципы или практический опыт.

Рекомендательные экологические карты.

Данный вид экологических карт включает в себя следующие подвиды:

1) Карты мер и рекомендаций, направленных на стабилизацию экологической обстановки в системе размещения вредных производств или в пределах территорий, интенсивно загрязняемых вредными веществами.

2) Карты, отражающие результаты реализации предложенных мер и рекомендаций по охране и восстановлению окружающей среды.

3) Карты эколого-экономических приоритетов, отражающих рекомендуемое социально-экономическое развитие картографируемой территории.

Основным содержанием рекомендательных экологических карт являются участки картографируемой *территории, различающиеся между собой по набору и характеру природоохранных и рекультивационных мероприятий*; причем при определении необходимых мероприятий учитываются различные варианты дальнейшего развития экологической обстановки в пределах картографируемой территории. Особенно важным элементом тематического содержания карт данного вида являются *локальные участки, характеризующиеся ограниченными возможностями для хозяйственного использования*. Это участки местности с уже сложившимися сложными экологическими условиями, охраняемые территории, санитарно-защитные зоны предприятий, источников водоснабжения, нерестилищ ценных видов рыб и т. п.

Экологические ситуации, являющиеся объектом исследования экологического картографирования, могут быть рассмотрены с различной точки зрения, в рамках решения различных задач, различными научными дисциплинами. В соответствии с этим экологические карты могут быть классифицированы по своему тематическому содержанию следующим образом (Берлянт) (см. рис. 2):

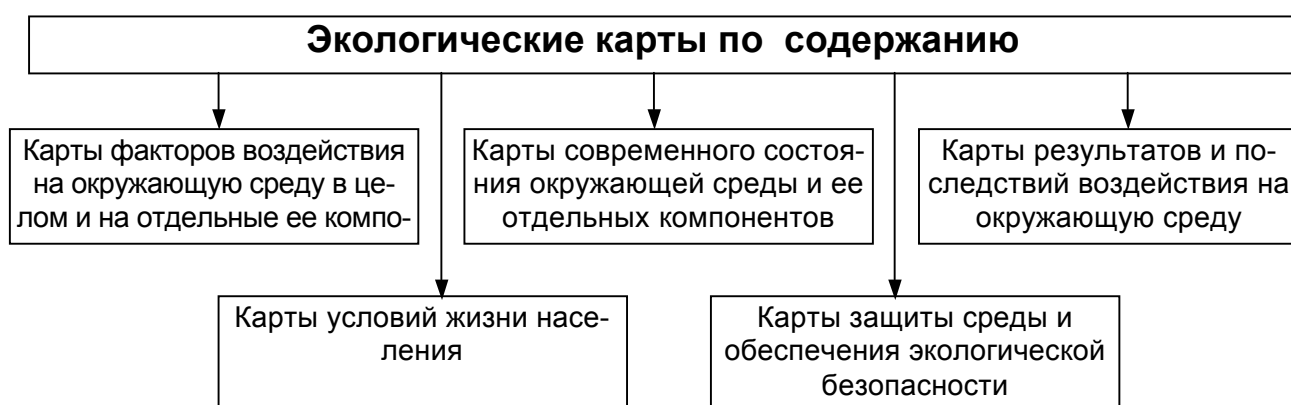


Рисунок 2 - Классификация экологических карт по содержанию

Каждая из этих групп карт может быть подразделена на **подгруппы**. Например, в группу карт современного состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов могут быть включены экологические карты загрязненности воздушного бассейна, поверхностных вод, почвенного покрова, шумовых

загрязнений, электромагнитных полей, радиационной обстановки. В свою очередь, каждая из этих подгрупп объединяет большое число отдельных карт: например, в подгруппу карт загрязненности воздушного бассейна могут входить карты распределения концентраций отдельных загрязняющих веществ в атмосфере картографируемой территории; карты загрязнения атмосферы отдельными загрязнителями в период неблагоприятных метеорологических условий, карта комплексного показателя загрязненности атмосферы, карты условий возникновения наибольших значений этого показателя и т. п.

По приемам исследования экологические карты могут быть подразделены на аналитические (отраслевые), синтетические (интегральные) и комплексные (рис. 3).

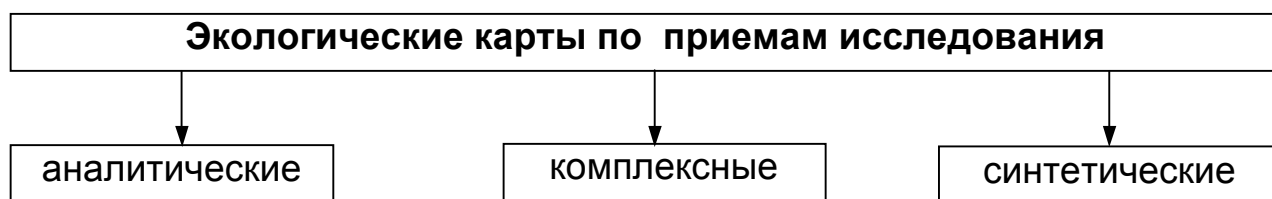


Рисунок 3 - Классификация экологических карт по приемам исследования

Аналитические, или отраслевые экологические карты в настоящее время распространены наиболее широко. Они **характеризуют текущее состояние отдельных компонентов окружающей среды**. Тематика таких карт весьма разнообразна: сюда входят карты загрязнения промышленными отходами отдельных рек и озер, карты загрязненности почв, геолого-экологические карты и т. д. Каждая отдельно взятая отраслевая экологическая карта, в соответствии со своей темой, подробно или обобщенно отображает экологическое состояние одного какого-либо компонента природной среды.

Примерами таких карт является большинство карт «Атласа химического и радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, снежного покрова, атмосферных осадков в г. Новосибирске за 1992 г. и 1980-1992 гг.»

Комплексные экологические карты позволяют одновременно **отобразить все источники экологической опасности на данной территории**, оценить их воздействие на окружающую среду, проанализировать сложившуюся экологическую обстановку и сделать выводы для принятия конкретных мер по охране природы. Комплексный характер этих карт обуславливается самой природой экологического картографирования, в основе которого лежит сочетание теоретических понятий, методов и практических приемов таких направлений, как природоохранное, медико-географическое, рекреационное картографирование, картографирование природопользования и пр.

Создание таких карт является одной из важнейших задач современного экологического картографирования.

Синтетические, или интегральные экологические карты отображают **результаты экологического зонирования территории по степени опасности загрязнения для здоровья местного населения или по степени нарушен-**

ности окружающей среды. Основным содержанием подобных карт является некоторый комплексный показатель степени опасности картографируемой территории, который, в свою очередь, разрабатывается на основании суммарной оценки опасности каждого экологического фактора, действующего в пределах картографируемой территории. Экологические карты могут составляться в различных масштабах (рис. 4):

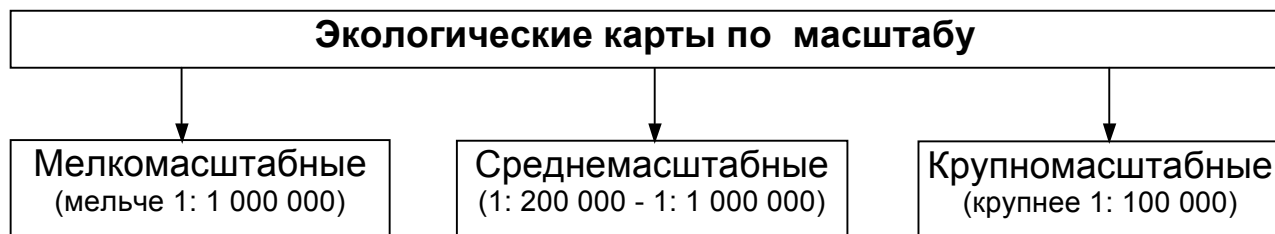


Рисунок 4 - Классификация экологических карт по масштабу.

Мелкомасштабные экологические карты отображают *общую экологическую обстановку больших по площади территорий* (страны в целом, географических районов, крупных административных субъектов, совокупности отдельных административных единиц). Такие карты служат информационной базой для обоснования и разработки генеральных природоохранных мероприятий на обширных территориях.

Среднемасштабные, или региональные экологические карты отображают *текущее экологическое состояние отдельных административных единиц* (краев, областей, районов области). В настоящее время региональные экологические карты являются наиболее востребованными, так как позволяют решать весьма широкий круг задач:

- 1) выявление основных техногенных объектов и факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду в пределах картографируемого региона;
- 2) обоснование конкретных мероприятий по охране и рациональному использованию природной среды данного региона;
- 3) поведение экологического районирования территории региона по степени опасности техногенного загрязнения для окружающей среды и здоровья местного населения;
- 4) прогнозирование в региональных масштабах основных тенденций развития отрицательных экологических процессов, вызванных производственной деятельностью местного населения.

Крупномасштабные экологические карты отображают *наиболее загрязненные и наиболее опасные в экологическом отношении небольшие по площади территории* (крупные промышленные центры, городские агломерации, бассейны добычи полезных ископаемых и пр.).

Лекция 3. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ

В процессе создания экологических карт необходимо учитывать не только их цель, назначение, круг потребителей, вид и характер используемых ис-

точников, пространственные и временные рамки картографирования, методику и технологию создания и воспроизводства карт, но и специфику решаемых экологических задач: их сложность, комплексность, высокую практическую значимость.

Поэтому при проектировании тематического содержания экологических карт необходимо соблюдать особые требования. Перечень этих требований наиболее четко сформулирован Стурманом.

1) Принцип антропоцентрического или биоцентрического подхода к разработке тематического содержания экологических карт.

Биоцентрический подход предполагает картографирование взаимосвязей между биологическими видами и средой их обитания без особого выделения взаимоотношений между человеком и природой. При использовании же **антропоцентрического подхода** картографируется вся окружающая среда в целом, включая антропогенную среду обитания и последствия техногенного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время оба эти подхода применяются достаточно широко, например, на основании биоцентрического подхода составляются карты охраны природы; на основании антропоцентрического подхода - карты экологической оценки состояния окружающей среды, карты антропогенной трансформации среды. Выбор того или иного подхода обуславливает круг объектов, явлений и взаимосвязей, подлежащих отображению на создаваемой экологической карте.

2) Принцип документальности экологических карт.

В процессе создания тематических карт **документальность** подразумевает **объективность и полноту** учета факторов и особенностей картографируемого явления или процесса. Из этого следует, что для изучения и картографирования этих явлений и процессов необходимо применять наиболее точные и строгие методики исследования, а при моделировании картографируемого явления или процесса - использовать математические модели с минимальным упрощением.

В случае же с экологическими картами принцип документальности имеет и другой аспект, который заключается в необходимости использования при проведении экологических исследований официально узаконенных методик, которые рассчитаны на повсеместное использование и потому упрощены.

Задача редактора экологической карты - найти компромисс между двумя этими сторонами документальности экологических карт, который позволит максимально полно и объективно передать на карте экологическую информацию, полученную в соответствии с принятыми нормативами и методиками исследования.

3) Принцип динамичности экологических карт подразумевает, что на экологической карте должны учитываться следующие явления:

а) временная изменчивость экологических процессов (скорость осаждения загрязнителей атмосферного воздуха на земную поверхность, продолжительность переноса загрязненного воздуха на определенное расстояние и пр.);

б) механизм и динамика взаимодействия картографируемого загрязнителя с окружающей средой (то есть на карте должна быть отражена способность самоочищения природных компонентов (буферная способность почв, рассеивающий потенциал атмосферы и т. д.).

4) Принцип согласованности масштаба и содержания экологических карт.

Согласно этому принципу, размер территориальной единицы, в пределах которой изучаются и картографируются экологические процессы, должен соответствовать территориальному размаху этих процессов. Например, загрязненность атмосферы выбросами городского автотранспорта целесообразно отображать на крупномасштабной экологической карте, отражающей территорию данного города.

Кроме того, картографируемая экологическая обстановка должна быть отображена с одинаковой степенью детальности в пределах всего листа экологической карты. Если имеется участок территории, на котором экологическую обстановку желательно отобразить более подробно, то его нужно вынести на врезку или показать на отдельной экологической карте более крупного масштаба.

Принцип согласованности масштаба и содержания экологических карт также требует, чтобы в случае составления серии экологических карт на одну и ту же территорию, для всех карт серии использовалась единая типовая общегеографическая основа с единой степенью детальности. Это облегчает удобство сопоставления карт и поиска закономерностей между отображенными на них явлениями.

5) Принцип приоритета тематического содержания экологических карт заключается в приоритетности тематического содержания экологических карт перед особенностями и возможностями технических средств, используемых для их создания и воспроизведения. Особенно важно соблюдение этого принципа при создании цифровых экологических карт. Нельзя «подгонять» содержание карты к возможностям имеющихся технических и программных средств; наоборот, содержание создаваемой цифровой карты должно определять уровень используемого технического обеспечения и программных комплексов.

Например, при создании изолинейных цифровых экологических карт, отражающих пространственную динамику содержания в атмосфере какого-либо загрязнителя, целесообразно использовать программные пакеты, дающие возможность моделировать и анализировать трехмерные поверхности (Surfer, MAG и т.д.).

Для создания сложных по тематическому содержанию комплексных экологических карт необходимо использовать картографические ГИС, позволяющие осуществлять пространственную привязку и географический анализ тематической информации (ArcInfo, MapInfo и пр.).

В том случае, если создается цифровая экологическая карта для экологического образования и просвещения, то ее наглядное и красочное оформление

целесообразно моделировать с использованием дизайнерских возможностей пакета CorelDraw.

Лекция 4. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АНТРОПОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1 Виды загрязнения окружающей среды

Загрязнение окружающей среды - это поступление или возникновение в ней новых, не характерных для нее физических, химических, биологических или информационных агентов или превышение их естественной концентрации, приводящие к негативным последствиям (Реймерс).

Загрязнение окружающей среды может возникнуть как в результате воздействия естественных факторов (извержения вулкана, землетрясения, бури, селевого потока и пр.), так и в результате хозяйственной деятельности человека (аварии на промышленных предприятиях, связанные с выбросом химических или радиоактивных веществ, работа транспорта, строительство портов и т.д.).

В зависимости от свойств и влияния загрязнений на окружающую среду принято выделять следующие формы загрязнения окружающей среды (рис. 5):

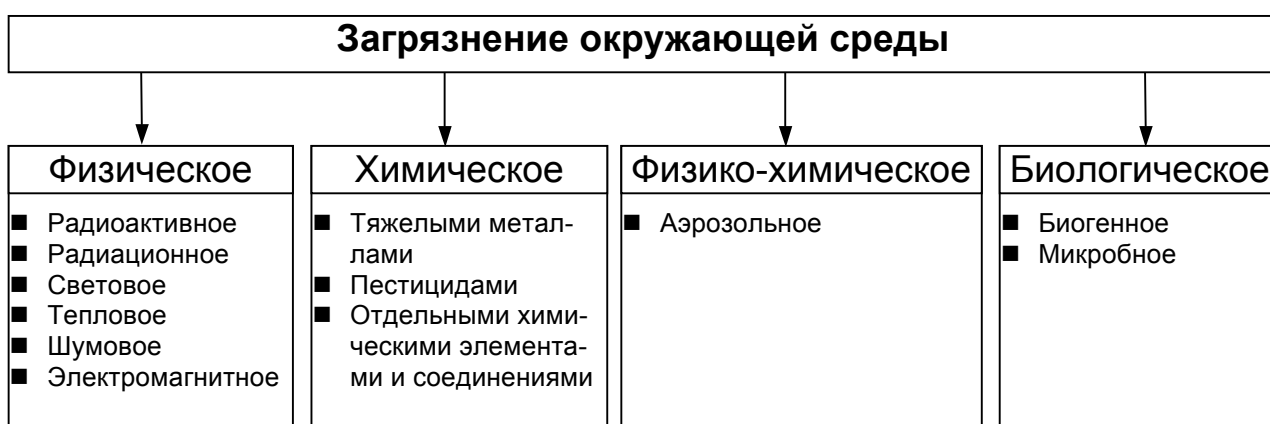


Рисунок 5 - Формы загрязнения окружающей среды

Физическое загрязнение окружающей среды - это загрязнение, возникающее с изменением физических параметров окружающей среды (световых, температурных, акустических и пр.).

Химическое загрязнение проявляется в изменении химических свойств окружающей среды, когда содержание какого-либо химического элемента или соединения превышает средние многолетние концентрации. Среди более, чем 7 000 химических соединений, загрязняющих окружающую среду, в результате антропогенной деятельности, особо выделяют **7 наиболее опасных**. Это: **диоксид азота, бензол** (особенно опасны их повышенные концентрации в воздухе),

пестициды и нитраты (в воде), **диоксиды** (в пище и почве), **полихлорированные дифенины** (в пище), **соляная кислота** (в почве).

Биологическое загрязнение представляет собой привнесение в окружающую среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов.

В зависимости от масштаба воздействия все виды загрязнений можно подразделить на глобальные, региональные и локальные загрязнения (Реймерс).

Глобальные загрязнения обнаруживаются в любой точке Земли, зачастую на большом расстоянии от источника загрязнения. Зачастую эти загрязнения связаны с глобальным влиянием человечества как экологического фактора.

Региональное загрязнение - это загрязнение, обнаруживаемое в пределах значительного пространства, но не охватывающее всю планету.

Локальное загрязнение - это загрязнение небольшого участка местности, например, вокруг промышленного предприятия, населенного пункта, автотранспортного предприятия, шахты и т. п. Также различают загрязнения отдельных компонентов окружающей среды - атмосферы, гидросферы, литосферы, почвенного покрова. Далее они будут рассмотрены нами более подробно.

4.2 Основные виды антропогенного загрязнения атмосферы

Атмосфера - это газообразная оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли (Реймерс).

Загрязнение атмосферы - это изменение ее состава при поступлении примесей естественного или антропогенного происхождения. Вещества, загрязняющие атмосферу, можно подразделить на два типа: газы и аэрозоли.

К основным газовым загрязнителям атмосферы относятся углекислый газ, оксид углерода, диоксиды азота и серы, фреон, метан (табл. 1).

Таблица 1
Характеристика основных газовых загрязнителей атмосферного воздуха

Загрязнитель	Основные антропогенные источники поступления данного загрязнителя в атмосферу	Воздействие на окружающую среду и здоровье человека
Углекислый газ CO ₂	Сжигание ископаемого топлива (каменного угля, торфа, горючих сланцев и пр.)	Глобальное потепление климата, интенсификация процессов опустынивания, повышение уровня мирового океана, усиление и учащение наводнений и засух.
Оксид углеро-	Неполное сжигание топлива	Уменьшение содержания гемоглобина

да CO		в крови.
Оксид азота NO ₂	Окисление атмосферного азота и топлива при высокой температуре	Поглощение солнечного света, образование смога, разрушение ряда синтетических материалов, уменьшение содержания гемоглобина в крови.
Летучие углеводороды и их продукты	Неполное сжигание топлива	Поражение растений при концентрации выше 0,02 мг/м ³ , раздражающее действие на слизистые оболочки.
Газообразные азотосодержащие соединения (NO, NH ₄)	Сжигание органического топлива (бензина, мазута).	Обогащение нитратами атмосферных осадков, накопление нитратов в почве, эвтрофикация водоемов.

Аэрозоли - это диспергированные твердые частицы размером 0,5 мкм и менее, выбрасываемые в атмосферу и находящиеся в ней длительное время во взвешенном состоянии. Концентрация аэрозолей меняется в весьма широких пределах: от 10⁴ мг/м³ в чистом воздухе до 2•10⁶ мг/м³ в промышленных районах. Хотя время пребывания аэрозолей в атмосфере исчисляется несколькими сутками, их влияние может снизить среднюю температуру воздуха на 0,1-0,3°С (Протасов).

Основным аэрозолем, загрязняющим атмосферу, является **сернистый ангидрид SO₂**, который поступает в атмосферу в процессе сжигания топлива. Выбросы сернистого ангидрида приводят к уменьшению поступления солнечной радиации, из-за чего происходит снижение урожайности сельскохозяйственных культур, уничтожение лесов, хроническое поражение растений. Сернистый ангидрид также отрицательно влияет на человеческий организм, вызывая заболевания дыхательных путей.

В том случае, если в атмосфере содержится диоксид азота, сернистый ангидрид быстро преобразуется в серную кислоту, которая затем соединяется с атмосферной влагой и выпадает в виде кислотных дождей.

Не менее опасны и другие аэрозоли, содержащиеся в промышленных выбросах. Их минеральный состав весьма разнообразен и включает оксиды железа и свинца, силикаты, сажу, хлор, ртуть, фтор и другие химические элементы и соединения, опасные для здоровья человека. Например, пыль, осаждающаяся в промышленных районах, содержит до 20 % оксида железа, 15 % силикатов, 5 % сажи, а также примеси различных металлов (свинца, ванадия, молибдена, олова и пр.).

Источники загрязнения атмосферы подразделяются на природные и антропогенные. К **природным источникам загрязнения** относятся извержения вулканов, пыльные бури, лесные пожары, космическая пыль, частицы морской соли. Уровни таких загрязнений изменяются во времени незначительно, и поэтому рассматриваются в качестве фоновых для исследуемой территории.

Антропогенное загрязнение атмосферы вызывается следующими причинами:

1) Сжигание горючих полезных ископаемых предприятиями энергетической промышленности (тепловыми электростанциями, котельными и пр.).

2) Газовые выбросы в атмосферу, осуществляемые промышленными предприятиями прочих отраслей народного хозяйства в процессе производственной деятельности.

3) Сжигание топлива в котлах и двигателях транспортных средств.

Наиболее интенсивно загрязняют атмосферный воздух предприятия теплоэнергетической и металлургической промышленности (табл. 2) (Мазур):

Таблица 2

Загрязнение атмосферы выбросами предприятий некоторых отраслей промышленности

Отрасль промышленности	Удельный вес отрасли в общем объеме загрязняющих выбросов в атмосферу России	Загрязнители, преобладающие в выбросах данной отрасли	Города с высоким уровнем загрязнения атмосферы, обусловленным выбросами данной отрасли
Энергетика	26,6 %	Сернистый газ, оксид углерода, оксид азота, бензапирен, оксид ванадия	Омск, Новосибирск, Новокузнецк, Хабаровск, Южно-Сахалинск
Цветная металлургия	18,0 %	Диоксид серы, оксид углерода, пыль	Норильск, Новокузнецк, Кандалакша
Черная металлургия	14,3 %	Оксид углерода, твердые вещества. Диоксид серы, оксид азота	Магнитогорск, Новокузнецк, Губаха
Нефтедобывающая промышленность	10,0 %	Углеводороды, оксид углерода, твердые вещества	Саратов, Балаково, Уфа
Промышленность строительных материалов	5,0 %	Пыль и взвешенные вещества, диоксид серы, диоксид азота, формальдегид	Новороссийск, Барнаул

Дорожно-транспортный комплекс также играет немаловажную роль в состоянии атмосферного воздуха, особенно в крупных промышленных центрах и на прилегающей к ним территории. В 1997 г. его доля в общем объеме загрязняющих выбросов в атмосферу России составляла 60 % (Мазур), причем основная масса загрязнителей поступала от автомобильного транспорта (табл.3) (Мазур):

Таблица 3

Характеристика выбросов транспортных средств

Вид транспорта	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. тонн					
	Оксид углерода	Диоксид азота	Метан	Диоксид серы	Углерод	Свинец
Автомобильный	10 049	1 387	1 800	55	234	5
Железнодорожный	1 654	147	506	15	66	-

Воздушный	164	104	61	5	25	-
Речной	23	16	61	5	22	-
Морской	20	15	53	5	55	-
Всего	119 110	1 669	2 481	85	402	5

Следует заметить, что из всех основных видов автомобильного транспорта 53 % всех выбросов приходится на долю грузовых автомобилей, 24 % - на долю городских и междугородних автобусов и 23 % - на долю легковых автомобилей.

4.3 Основные виды антропогенного загрязнения гидросферы

Гидросфера – это прерывистая водная оболочка Земли, представляющая собой совокупность океанов, морей, континентальных поверхностных и подземных вод, ледяных покровов. Под **загрязнением гидросферы** понимается поступление в нее загрязнителей в количествах и концентрациях, способных нарушить нормальные условия среды крупных водных объектов (Реймерс).

Наиболее сильному антропогенному загрязнению подвергаются пресные поверхностные воды суши (реки, озера, болота, почвенные и грунтовые воды). В России практически все поверхностные источники в последние годы подвергаются воздействию вредных антропогенных загрязнений, особенно такие реки, как Волга, Дон, Северная Двина, Тобол, Томь, Урал, Уфа. 70 % поверхностных вод потеряли питьевое значение и перешли в категории загрязненности - «условно чистая» и «грязная».

Особенно тяжелое положение с загрязнением поверхностных вод сложилось в Астраханской, Кемеровской, Калининградской, Томской, Тюменской, Ярославской областях, Приморском крае. Практически 70 % населения России употребляет воду, не соответствующую ГОСТу «Вода питьевая». В последние 10-15 лет также резко возросла антропогенная нагрузка на малые реки России, что вызвало снижение их стока, и заиливание их русел.

Процессы деградации малых рек особенно интенсивно протекают в степной и лесостепной зонах (Башкортостан, Татарстан, Калмыкия, Свердловская, Челябинская области).

Основными источниками загрязнения почвенных и подземных вод являются городские сточные воды (51 % от общего объема загрязняющих сбросов), сточные воды промышленных предприятий различных отраслей народного хозяйства (35 %) (табл. 4) (Мазур), канализационные воды животноводческих хозяйств (13 %).

Помимо этого, подземные воды интенсивно загрязняются за счет полей фильтрации, шламонакопителей и отвалов промышленных предприятий, хранилищ химических удобрений и свалок.

Таблица 4

Загрязнение гидросферы сбросами сточных вод промышленных предприятий некоторых отраслей промышленности

Отрасль промышленности	Удельный вес отрасли в общем объеме сброса загрязняющих веществ в гидросферу России	Загрязнители, преобладающие в сточных водах данной отрасли	Водные объекты с высоким уровнем загрязнения, обусловленным сбросами сточных вод данной отрасли
Химическая и нефтехимическая промышленность	20 %	Нефтепродукты, взвешенные сульфаты, цианиды, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, ртуть, свинец, бензол, формальдегид, пестициды, фенол.	Реки Омь, Ангара, Упа.
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	20 %	Сульфаты, хлориды, фенол, формальдегид, метанол, фурфурол.	Река Вихоревка и прилегающая часть Усть-Илимского водохранилища, Реки Сев. Двина, Вычегда, Пельшма.
Машиностроение	10 %	Соли железа, нефтепродукты, цианиды, медь, никель, хром, молибден, фтор, кадмий.	Реки Плюсса, Москва, Оскол, Уда
Черная металлургия	7 %	Соединения железа, сульфаты, хлориды, тяжелые металлы.	Реки. Тагил, Исеть, Урал, Миасс; Рыбинское водохранилище.
Цветная металлургия	6 %	Соединения меди, никеля, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества.	Реки Кольского полуострова, река Щучья, озеро Лясино.

Лекция 5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АНТРОПОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (продолжение)

5.1 Основные виды антропогенного загрязнения литосферы

Литосфера – это внешняя оболочка твердой части Земли, мощностью от нескольких километров до 200 километров, включающая в себя земную кору и верхнюю часть мантии (Землеведение). Литосфера является геологической основой ландшафта и почвенного покрова, а также роль накопителя пресных вод, обеспечивающих жизнедеятельность земных организмов. Литосфера сосредотачивает в себе минеральные ресурсы, необходимые для существования и развития человеческого общества.

Загрязнение литосферы - это поступление антропогенных загрязняющих веществ в толщу коренных пород. Участки территории, в пределах которых показатели содержания химических элементов отличаются от их геохими-

ческого фона (то есть от средней величины их природной концентрации), называются геохимическими аномалиями.

Геохимические аномалии могут иметь как природное, так и техногенное происхождение. Техногенная геохимическая аномалия (или ее часть), в пределах которой загрязняющие вещества достигают концентрации, оказывающей неблагоприятное воздействие на человека и другие живые организмы, рассматривается как зона загрязнения литосферы (экологическая геология). Такие зоны оказывают гораздо более глубокое и сильное отрицательное влияние на здоровье местного населения, чем природные геохимические аномалии. Это обусловлено тем, что техногенные геохимические аномалии занимают гораздо большую площадь, чем природные, и концентрации токсичных элементов в ее пределах гораздо выше.

Кроме того, для техногенных геохимических аномалий характерна более высокая скорость протекания процесса загрязнения, что не дает возможности местной биоте приспособиться к изменяющимся условиям окружающей среды.

Основными причинами загрязнения литосферы и формирования техногенных геохимических аномалий являются следующие факторы (Реймерс, Экологическая геология):

1) Добыча из недр Земли токсичных элементов; а также их накопление в процессе переработки и обогащения первичного минерального сырья.

2) Закачка или захоронение в глубинах Земли твердых или жидких промышленных или бытовых отходов.

3) Вертикальный сток поверхностных и подземных вод, уже загрязненных вредными выбросами антропогенного происхождения (кислотных осадков, сбросов промышленных и коммунально-бытовых сточных вод и т.д.).

Этот фактор особенно опасен в зоне залегания горных пород, обладающих повышенной трещиноватостью и, в силу этого, хорошо проницаемых.

4) Низкая культура производства (небрежное хранение и нерациональное использование в сельском хозяйстве химических соединений, ядохимикатов, пестицидов; недостаточно обустроенные захоронения промышленных и бытовых отходов; аварии на промышленных объектах).

В целом техногенные геохимические аномалии четко приурочены к районам интенсивного промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортным артериям и населенным пунктам. Например, площадь техногенной геохимической аномалии в районе горнопромышленных комплексов Южного Приморья превышает 40 км², а в радиусе 2 км от центра аномалии выпадения свинца превышают фоновые значения в 10 000 – 50 000 раз.

5.2 Основные виды антропогенного загрязнения почвенного покрова.

Почва представляет собой поверхностный слой земной коры, возникающий в результате преобразования минерального субстрата водой, воздухом и живыми организмами (Землеведение).

Загрязнение почвы – это привнесение и возникновение в почве новых, обычно нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов, или превышение естественного среднесуточного уровня концентрации перечисленных агентов (Реймерс).

Загрязнение почв - одно из отрицательных последствий хозяйственной деятельности человека. Деградация земель, вызванная нерациональным природопользованием, является одной из важнейших экологических проблем в России. Сокращение объемов агротехнических и агроландшафтных мероприятий привело к снижению плодородности почв, повышению кислотности почв, уменьшению содержания гумуса и основных химических элементов, необходимых для нормального питания растений. В результате расширяются площади сельскохозяйственных земель с повышенной кислотностью и низким содержанием фосфора и калия, необходимых для нормального развития растений.

Основными источниками деградации почв являются добыча полезных ископаемых (особенно - открытым способом), приводящая к нарушению плодородного слоя почвы; выбросы промышленных предприятий в атмосферу и кислотные дожди, изменяющие химический состав почвы и снижающие ее плодородие; неумеренное применение ядохимикатов, которые, накапливаясь в почве, способствуют ее химическому загрязнению и вызывают гибель почвообразующих организмов, что в конечном счете также отрицательно сказывается на плодородии почв.

Почвам свойственна способность к самоочищению (буферная способность почв), но она не безгранична, при постоянном загрязнении почва теряет ее. С течением времени вредные химические вещества, в том числе и тяжелые металлы, начинают накапливаться в плодах сельскохозяйственных растений и вызывают болезни человека.

Преобладающими формами загрязнения почв являются загрязнение почв тяжелыми металлами, отмечаемое вокруг крупных промышленных центров, а также вокруг крупных предприятий черной и цветной металлургии; загрязнение почв пестицидами, которое обусловлено нерациональным применением сельскохозяйственных удобрений и ядохимикатов; загрязнение почв патогенными бактериями и микроорганизмами.

Ежегодно Росгидрометом проводится выборочный контроль загрязнения земель пятикилометровой зоны вокруг основных промышленных центров черной и цветной металлургии, химических и нефтехимических предприятий, машиностроительных предприятий и энергетических комплексов.

В процессе соответствующих наблюдений определяется суммарный индекс загрязнения почв тяжелыми металлами Z_c . Данные подобных обследований, проводившихся с 1985 по 1994 гг., приведены в таблице 5.

Таблица 5

Ранжирование некоторых промышленных центров России по степени загрязненности почв тяжелыми металлами

Название	Суммарный показа-	Уровень загрязне-	Основные химиче-
----------	-------------------	-------------------	------------------

промышленного центра	тепень загрязнения почв тяжелыми металлами Z_c	состояние почв тяжелыми металлами	загрязнители в порядке приоритетности
Рудная пристань	231	Чрезвычайно высокий	Свинец, цинк, медь
Норильск	187	Чрезвычайно высокий	Медь, никель, кобальт
Белово	122	Высоко опасный	Цинк, свинец, кадмий
Горняк	97	Высоко опасный	Цинк, свинец, медь
Кировоград	65	Высоко опасный	Свинец, кадмий, цинк
Медногорск	48	Высоко опасный	Свинец, медь, никель
Комсомольск-на-Амуре	27	Умеренно опасный	Цинк, свинец, медь
Орск	26	Умеренно опасный	Хром, свинец, цинк
Первоуральск	23	Умеренно опасный	Хром, свинец, цинк
Каменск-Уральский	20	Умеренно опасный	Хром, свинец, цинк

Загрязнению пестицидами наиболее подвержены почвы садов и лесов, в меньшей степени – почвы под овощными и зерновыми культурами. К регионам со значительным загрязнением почв пестицидами относятся Московская и Иркутская области, к регионам со средним загрязнением почв – Центрально-Черноземный район, Приморский край, Северный Кавказ. Более подробные данные о загрязнении сельскохозяйственных почв в отдельных регионах России приведены в таблице 6 (Протасов).

Таблица 6

Загрязнение проб почв пестицидами в отдельных регионах России

Название региона	Доля проб почвы, загрязненных выше ПДК (%)	Название пестицида
Иркутская область	Около 90 %	2,4-Д
Волгоградская область	Около 90 %	Трефлан
Московская область	Около 10 %	Сумма ДДТ
Центрально-Черноземный район	Около 15 %	Сумма ДДТ
Краснодарский край	10 % 64 %	Сумма ДДТ Трефлан
Ростовская область	10 % 30 %	Сумма ДДТ Трефлан

Загрязнение почв патогенными бактериями и микроорганизмами обусловлено неправильными методами складирования и захоронения твердых бытовых отходов. Возбудители некоторых болезней (сибирской язвы, газовой гангрены, столбняка, ботулизма) постоянно обитают в почве и способны образовывать споры – плотную оболочку, защищающую их от неблагоприятных воздействий окружающей среды; в таком виде они могут сохраняться в почве многими десятилетиями.

В число патогенных бактерий, временно обитающих в почве, входят возбудители брюшного тифа, холеры, дизентерии, паратифа. Они попадают в почву только в случае загрязнения ее выделениями больных. Так как они неспособны образовывать споры, то быстро гибнут, не находя подходящих для жизни условий. Однако возбудители некоторых инфекционных болезней способны сохраняться в почве в течение весьма продолжительного времени: возбудители туляремии – до 2 месяцев, холеры – до 3 месяцев, бруцеллеза – до 5 месяцев, палочка туберкулеза – до 15 месяцев.

Почва также играет большую роль в распространении гельминтозов – болезней, вызываемых внедрением в организм человека глистов – паразитов (аскарид, власоглавов и т. д.). В почве происходит созревание яиц гельминтов, после чего зрелые яйца могут попасть в организм человека.

Заражение человека через загрязненную почву может произойти при различных обстоятельствах: при обработке почвы, строительных работах, уборке урожая и т. д.

Загрязнение почвенного покрова патогенными микроорганизмами обязательно учитывается при оценке санитарного состояния почв (табл. 7) (Новиков).

Таблица 7

Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почвы

Почва	Число личинок и куколок мух в 0,25 м ²	Число яиц геогельминтов в 1 кг почвы	Титр кишечной палочки	Титр анаэробов	Санитарное число
Чистая	0	0	1 и выше	0,1 и выше	0,98-1
Мало-загрязненная	единичные экземпляры	до 10	1,0-0,01	0,1-0,001	0,85-0,98
Загрязненная	10-25	11-100	0,01-0,001	0,001-0,0001	0,70-0,85
Сильно-загрязненная	более 25	более 100	0,001 и ниже	0,0001 и ниже	0,70 и ниже

Лекция 6. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ

6.1 Исходные материалы для составления экологических карт

Исходная информация, привлекаемая для составления экологических карт, весьма неоднородна для различных территорий и различных объектов

картографирования. Данные об экологическом состоянии того или иного объекта, территории или компонента окружающей среды поступают из различных источников, причем они могут быть получены по различным методикам и выражены в различных единицах измерения.

В силу этого они имеют различную степень достоверности и объективности; а в некоторых случаях отдельные источники могут даже противоречить друг другу. Поэтому в процессе сбора исходных материалов для составления экологической карты редактор должен провести тщательный анализ полученных данных и самих источников информации.

Этот анализ должен включать в себя следующие действия:

- выявление и уяснение материальной сущности картографируемых объектов, явлений и процессов, их показателей и характеристик;
- установление главных экологических факторов, определяющих значение картографируемых характеристик и показателей;
- выбор наиболее характеристичных показателей, объективно и полно отражающих степень антропогенной преобразованности картографируемой территории или компонента окружающей среды;
- оценка достоверности и объективности полученной информации.

В целом большинство исходных материалов, используемых для составления экологических карт, можно подразделить на картографические, статистические и данные дистанционного зондирования.

Картографические источники составления экологических карт имеют традиционно большое значение в создании карт данного типа, поскольку они отображают точное пространственное положение исследуемых объектов, отражают их четкую и научно обоснованную классификацию и содержат как качественные, так и количественные характеристики картографируемого явления или объекта.

Ранее составленные тематические карты отдельных компонентов природной среды являются важным документом для изучения динамики их состояния под влиянием естественных процессов или антропогенной деятельности. Кроме того, некоторые виды экологических карт могут служить источником для составления экологических карт других видов.

Например, как уже упоминалось ранее, оценочные экологические карты составляются по данным констатационных экологических карт; также аналитические экологические карты, характеризующие современное состояние отдельных природных компонентов, являются источником для создания комплексных экологических карт, отражающих общую экологическую напряженность картографируемой территории. В свою очередь, комплексные экологические карты служат исходным материалом для проведения экологического районирования исследуемой территории, результаты которого отображаются на синтетических экологических картах.

Статистические источники составления экологических карт.

Учитывая общественную значимость содержания экологических карт, в качестве исходных данных в процессе их составления необходимо привлекать только те статистические данные, которые получены с соблюдением общих

принципов и единой методики, в соответствии с утвержденными программами и сроками выполнения исследований. Такие данные могут быть получены только специализированными государственными учреждениями и ведомствами, работающими под руководством Российского комитета по статистике.

Результаты экологических исследований федерального уровня излагаются в годовых докладах о состоянии природой среды (Государственный доклад). На уровне отдельных субъектов Российской Федерации и их административных подразделений (краев, областей, районов) экологическая информация содержится в обзорных статистических материалах, отражающих загрязнение атмосферы и других природных компонентов, использование земель, ресурсы поверхностных вод и пр. Эти материалы регулярно собираются соответствующими службами: гидрометеорологическими, санитарно-эпидемиологическими, экологическими, водохозяйственными, лесохозяйственными и т. п. Например, для получения исходной информации о загрязнении атмосферы широко используются статистические справочники по климату, выпускаемые Российским комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды. Большим подспорьем в составлении экологических карт являются данные регионального и локального экологического мониторинга, которые публикуются в бюллетенях и справочниках о состоянии атмосферного воздуха, поверхностных вод и прочих природных компонентов, за которыми велось слежение.

Данные дистанционного зондирования, используемые для составления экологических карт.

В настоящее время в стране накоплен огромный фонд материалов аэрокосмических съемок, различающихся территориальным охватом и прочими параметрами. Аэрокосмические снимки отображают состояние обширной по площади территории на определенный момент времени, что важно при решении многих вопросов охраны земельных, водных и растительных ресурсов (например, при изучении состояния лесов, пастбищ, пахотных земель; при исследовании таких процессов, как эрозия земель, заболачивание, засоление).

В экологическом картографировании наибольшее значение имеют материалы многозональной съемки, а также данные полевых маршрутных обследований, синхронизированных с аэрофотосъемкой (Божилина). Материалы многозональной съемки, выполняемой в нескольких спектральных диапазонах, позволяют получить множество производных фотоизображений, на каждом из которых можно выявить и исследовать спектральный образ объекта съемки. Это особенно важно при исследовании экологического состояния растительного покрова, водных объектов, сельскохозяйственных земель.

Для всех этих объектов имеется хорошо разработанная технология исследования их экологического состояния путем сопоставления спектральных образов одних и тех же участков в разное время года или путем сравнения участков, подверженных техногенным воздействиям, с эталонными участками. Цель же полевых обследований, проводимых по маршрутам, синхронизированным с маршрутами аэрокосмической съемки, заключается в определении информативности изображений, синтезированных по данным многозональной

съемки и, следовательно, в оценке возможности их использования в экологическом картографировании. Это достигается путем сравнения выявленных по снимкам изменений исследуемого объекта с данными наземного обследования этого же объекта.

6.2 Использование методов биоиндикации для получения экологической информации

Биоиндикаторы - это группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят о происходящих изменениях в окружающей среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей (Реймерс). Биоиндикация на уровне отдельного вида позволяет выявить и изучить действие конкретного загрязнителя; биоиндикация на уровне сообщества позволяет получить оценку общего уровня загрязненности данной местности.

Характер реакций организма на изменение состояния окружающей среды сложен и неоднозначен. В принципе, любая реакция организма на изменение окружающей среды является биоиндикационной; но для получения информации о содержании этого воздействия необходимо изучить так называемую специфическую реакцию организма, то есть такую реакцию, при которой происходящие изменения четко обусловлены воздействием определенного экологического фактора.

Биоиндикация может осуществляться следующими способами:

- 1) по биохимическим и физиологическим реакциям живого организма на изменение окружающей среды;
- 2) по отклонениям в анатомии, морфологии и поведения организма;
- 3) по изменениям флоры и фауны или всего биогеоценоза исследуемой территории.

В основном при биоиндикационных исследованиях используются растительные биоиндикаторы и данные медицинской статистики о состоянии здоровья населения, реже практикуются биоиндикационные наблюдения за животными (птицами, беспозвоночными, зародышами рыб, грызунами и пр.).

Преимуществом растительных биоиндикаторов является относительная дешевизна, хорошая воспроизводимость результатов и непрерывность восприятия внешних воздействий (Стурман). Благодаря этому, растительные биоиндикаторы используются в мониторинге загрязнения атмосферного воздуха. При этом в качестве биоиндикаторов выступают растения, имеющие определенные пределы чувствительности к конкретным загрязняющим веществам (Стурман):

Таблица 8

Чувствительность отдельных видов растений к определенным загрязнителям

Растение	Загрязняющее вещество
Отдельные виды лишайников	Диоксид серы
Кизил	Хлор
Гладиолус, тюльпан	Фторид водорода
Шпинат, салат-латук, листовая свекла	Пероксиацетилнитрат

Реакции растений-биоиндикаторов на наличие в окружающей среде загрязняющих веществ подразделяются на острые и хронические (Стурман).

Острые реакции возникают при кратковременном воздействии на растение очень высокой концентрации загрязнителя. Они выражаются в некрозе растительных тканей, опадании листьев, цветов или плодов; свертывании листов, искривлении стеблей и т. д. Хронические реакции растений-биоиндикаторов имеют место при длительном воздействии относительно невысоких концентраций загрязнителя и выражаются в замедлении или прекращении роста растения.

В качестве количественных показателей биоиндикационных реакций растения используются такие показатели, как степень повреждения листовых пластин (в процентах от площади листа), индекс повреждения хвои (отношение длины опаленной части хвоинок к средней длине хвоинок, выраженное в процентах).

При использовании в качестве биоиндикаторов древесной растительности широкое распространение получила пятибалльная шкала оценки состояния деревьев: здоровые, ослабленные (поврежденные), сильно ослабленные (сильно поврежденные), отмирающие, сухостой (Стурман). При биоиндикации по низшим растениям часто применяются показатели видового разнообразия, например, число видов лишайников, встречаемых в пределах условно выделенного квадрата городской территории.

В целом реакции растений-биоиндикаторов на загрязнение окружающей среды имеют весьма неоднозначный характер. Это обусловлено различными условиями среды обитания растения, характером его питания, стадией его развития, особенностями данного вида или сорта. Например, по мере увеличения продолжительности воздействия загрязнителя, острые реакции растения-биоиндикатора могут вытесняться хроническими, а при прерывании воздействия (в том случае, если не превышен определенный порог) возможно начало восстановительных процессов в организме растения. Неоднозначность ответных реакций растений-биоиндикаторов также зависит от качественного и количественного состава загрязнения окружающей среды.

Смеси загрязняющих веществ воздействуют на организм растения иначе, чем те же загрязняющие вещества по отдельности; в частности, возможно взаимоусиление или взаимоослабление воздействующих на растение загрязнителей.

Сопоставимость результатов биоиндикации растений достигается за счет соблюдения следующих условий (Стурман):

- 1) использование однородного генетического материала;
- 2) стандартизация условий выращивания;
- 3) использование растений-биоиндикаторов, произрастающих в однотипных условиях (например, на специально оборудованных опытных участках).

Все эти ограничения ведут к снижению территориальной дифференциации результатов, поэтому биоиндикация растений в основном используется как вспомогательный (контрольный) метод мониторинга и экологического картографирования. Кроме того, применение растительных биоиндикаторов в эколо-

гическом картографировании ограничивается характером их распространения. Видовое разнообразие растений-биоиндикаторов уменьшается с увеличением степени антропогенной трансформации территории и достигает минимума на густонаселенных, сильно загрязненных территориях, где потребность в мониторинге максимальна.

Применение медико-статистических характеристик о состоянии здоровья населения, напротив, более эффективно на территориях с высокой плотностью населения.

В качестве характеристик здоровья населения используются величины смертности и заболеваемости (общие или по отдельным заболеваниям и их группам; для всего населения или для определенных половозрастных и социально-профессиональных групп), показатели физического развития местного населения и обобщающие их интегральные показатели здоровья (Стурман).

Сложность применения результатов медико-географических исследований в картографии обусловлена тем, что различными организациями, проводящими медико-статистические исследования, используются различные подходы к группировке данных, к выбору возрастного состава изучаемых контингентов местного населения, что в свою очередь, влечет затруднения при сопоставлении результатов исследований.

Объективность медико-статистических данных также зависит от выбора показателей, характеризующих заболеваемость. Например, данные медосмотров полнее и объективнее, чем данные обращаемости населения, но более узки, так как охватывают меньший круг людей.

Состояние здравоохранения на картографируемой территории также может повлиять на достоверность медико-статистических данных, поскольку постановка того или иного диагноза зависит от оснащенности и доступности медицинских учреждений, квалификации медицинского персонала и пр.

Поскольку учесть все факторы, оказывающие влияние на здоровье взрослого человека в течение жизни практически невозможно, в России преобладают медико-географические исследования, использующие в качестве биоиндикаторов показатели здоровья детских коллективов.

6.3 Экологический мониторинг состояния окружающей среды

Мониторинг - это слежение за состоянием природной среды, окружающей человека, и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов (Реймерс). Процесс проведения мониторинга включает в себя следующие процедуры:

- выбор объекта наблюдения;
- обследование его;
- составление информационной модели объекта наблюдения;
- планирование и проведение измерений;
- оценка состояния объекта наблюдения;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;

- представление полученной информации в удобной для потребителя форме.

В процессе экологического мониторинга обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и других живых организмов и создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются (Протасов).

Основные цели экологического мониторинга заключаются в обеспечении системы управления природоохранной деятельности и экологической безопасности своевременной и достоверной информацией и состоянии и функциональной целостности среды обитания человека; о причинах изменения состояния окружающей среды и его последствиях; о необходимых мерах по стабилизации и восстановлению экологической обстановки.

Исходя из этого, экологический мониторинг включает в себя следующие процедуры:

- наблюдение за источниками и факторами антропогенного воздействия и процессами, протекающими в окружающей среде под влиянием антропогенных факторов;
- оценка фактического состояния окружающей среды;
- прогноз изменения состояния природной среды под влиянием антропогенных факторов;
- оценка прогнозного изменения окружающей среды.

В России вопросами мониторинга окружающей среды ведает Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Роскомгидромет). В рамках Роскомгидромета функционирует 21 Центр мониторинга загрязнений окружающей среды. Также в России имеется несколько ведомственных систем мониторинга: служба наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета; служба мониторинга лесного фонда Рослесхоза; служба мониторинга геологической среды Роскомнедра; служба мониторинга водных ресурсов Роскомвода; служба агрохимических наблюдений и мониторинга загрязнения сельскохозяйственных земель Роскомзема; служба санитарно-гигиенического контроля среды обитания человека и его здоровья Госкомсанэпиднадзора и др.

Все эти системы мониторинга ориентированы на наблюдение и оценку состояния отдельных компонентов окружающей среды и функционируют по самостоятельным программам, несогласованным между собою. Эти системы не увязаны друг с другом организационно, методически и метрологически, что затрудняет сопоставление поступающей от них информации при проведении комплексного анализа состояния окружающей среды.

Таким образом, ни одна из систем мониторинга, функционирующих на территории России по состоянию на 1993 г., не решает в полной мере стоящих перед ней задач. Поэтому еще в 1989 г. Государственным комитетом СССР по охране природы были начаты подготовительные работы по созданию «Единой государственной системы экологического мониторинга Советского Союза». Но

в связи с распадом СССР возникла необходимость пересмотреть ее концепции с учетом особенностей России.

В 1993 г. был принят проект «Единой государственной системы экологического мониторинга Российской Федерации» (ЕГСЭМ), являющейся формой организации Государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды. Вопросами организации и функционирования ЕГСЭМ занимается Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации. Программа ЕГСЭМ определяет цели ее создания и функционирования следующим образом:

- **общие цели ЕГСЭМ**, связанные с обеспечением системы природоохранной деятельностью и экологической безопасностью своевременной и достоверной информацией, дающей возможность оценить современное и перспективное состояние среды обитания человека, выявить направление дальнейшего развития отрицательных экологических процессов и определить меры по предупреждению и ликвидации экологической угрозы;

- **программные цели ЕГСЭМ**, связанные с обеспечением информацией, необходимой для выполнения конкретных федеральных и административно-территориальных природоохранных программ и проектов, а также международных обязательств России в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;

- **социально-просветительские цели**, связанные с обеспечением потребностей граждан в экологической информации, как это предусмотрено Законом РФ «Об охране окружающей природной среды».

Экологический мониторинг окружающей среды, как и другие виды мониторинга, может осуществляться на глобальном, региональном и локальном уровне:

- глобальный мониторинг - это слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере и экосфере Земли, включая все их экологические компоненты, и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях;

- региональный мониторинг - это слежение за процессами и явлениями в пределах отдельного региона, где эти процессы и явления отличаются по природному характеру и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы в целом;

- локальный мониторинг - это мониторинг локальных антропогенных воздействий в особо опасных в экологическом отношении местах.

В процессе анализа и обработки данных экологического мониторинга составляются бюллетени и справочники и состояния атмосферного воздуха, поверхностных вод и прочих природных компонентов, за которыми велось наблюдение. Эти статистические данные являются источниками для составления констатационных экологических карт, фиксирующие текущее состояние отдельных компонентов окружающей среды.

Подробность, с которой эти карты отражают текущую экологическую ситуацию, зависит от уровня мониторинга. Если карта составляется по данным локального мониторинга, то она должна отображать все источники загрязняющих выбросов (промышленные предприятия, места сбросов сточных вод и пр.).

На региональном уровне близко расположенные источники загрязнения «сольются» в один групповой источник, и основной единицей картографирования будет являться уже не отдельное промышленное предприятие, а промышленный центр (совокупность промышленных предприятий). На глобальном уровне мониторинга информация будет еще более обобщенной, и в качестве единицы картографирования будут выступать промышленные доны, городские агломерации и даже промышленные районы.

Для отображения источников выбросов на экологических картах, составляемых по данным экологического мониторинга, используется значковый способ, значения концентраций загрязняющих веществ показывают либо локализованными диаграммами, привязанными к постам наблюдения, либо построением системы изолиний, либо путем отображения ареалов с количественными характеристиками суммарных выпадений и концентраций загрязняющих веществ.

При необходимости с помощью знаков движения могут быть показаны траектории переноса загрязненных воздушных масс с учетом климатических и метеорологических данных. Также возможно построение картодиаграмм, отражающих, например, суммарные выбросы загрязняющих веществ в пределах отдельных административно-территориальных единиц.

Лекция 7. ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ОТОБРАЖАЕМЫЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ

В настоящее время в Российской Федерации сложилась научно обоснованная и нормативно закрепленная система количественных показателей, характеризующих степень загрязненности основных природных компонентов. Следует заметить, что эти показатели могут быть как аналитическими, так и интегральными, то есть отражать общую загрязненность данного природного компонента смесью нескольких загрязнителей.

Кроме того, важной характеристикой загрязняющего вещества является его **класс опасности**. По степени потенциальной опасности воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности (в соответствии с ГОСТ 12.1.0007-76 (с изменением №1 от 01.01.82г.)): **I класс** – чрезвычайно опасные вещества; **II класс** – высоко опасные; **III класс** – умеренно опасные; **IV класс** – малоопасные вещества. Классы опасности некоторых загрязнителей окружающей среды приведены в таблицах 9, 10, 11.

Критериями при установлении класса опасности определенного загрязнителя служат ПДК, среднесмертельная доза, средняя смертельная концентрация данного вещества и пр. Такая классификация загрязняющих веществ применяется медиками при оценке ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды здоровью местного населения. В некоторых случаях классы опасности загрязняющих веществ могут рассматриваться как показатели картографирования (рис. 7).

7.1 Аналитические показатели загрязненности окружающей среды

В основе гигиенического нормирования химических веществ в атмосферном воздухе, поверхностных водах и почвах лежит **предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества** - такое количество вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства (Реймерс). Конкретное значение ПДК для каждого конкретного загрязнителя устанавливается в законодательном порядке.

Для каждого загрязнителя атмосферного воздуха в России нормативно установлены значения максимальной разовой ПДК (ПДК_{МР}) и среднесуточной ПДК (ПДК_{СС}).

ПДК_{МР} - это концентрация загрязнителя в воздухе населенных мест, не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека. **ПДК_{СС}** - это средняя концентрация из числа разовых, выявленных в течение суток (Реймерс). Значения ПДК для некоторых загрязняющих веществ приведены в таблице 9.

Таблица 9

ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Вредное вещество	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³	Класс опасности вредного вещества
Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг/100 м ³	I
Диоксид азота	0,085	0,085	II
Диоксид серы	0,5	0,05	III
Оксид ванадия	-	0,002	I
Оксид углерода	3,0	1,0	IV
Сажа	0,15	0,05	III
Свинец и его соединения	-	0,0003	I
Сероуглерод	0,03	0,005	II
Формальдегид	0,035	0,003	II

Для всех водных объектов, используемых населением (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения) также установлен единый гигиенический норматив - ПДК_{ВП}.

ПДК_{ВП} - это предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в питьевой воде, ее значения для некоторых загрязнителей приведены в таблице 10 (Протасов):

Таблица 10

ПДК некоторых вредных веществ в питьевой воде

Вредное вещество	ПДК _{ВП} , мг/дм ³	Класс опасности вредного вещества
Бензин	0,1	III
Бензол	0,5	II
Кадмий	0,001	II

Мышьяк	0,05	II
Нефть	0,2	IV
Ртуть	0,0002	I
Свинец	0,03	II
Цинк	1,0	III

Для нормирования содержания загрязняющих веществ в почвах применяется **предельно допустимая концентрация загрязнителя в почве (ПДК_п)** - это максимальное количество экзогенного химического вещества (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях и гарантирующее отсутствие отрицательного прямого или опосредованного (через контактирующие с почвой среды) воздействия на здоровье человека, его потомства и санитарные условия жизни местного населения (Протасов). ПДК_п некоторых загрязнителей приведены в таблице 11:

Таблица 11

ПДК некоторых химических элементов в почве, мг/кг

Вредное вещество	ПДК _п , мг/кг	Класс опасности вредного вещества
Бенз(а)пирен	0,02	I
Бензин	0,1	III
Мышьяк	2,0	II
Ртуть	2,1	I
Свинец	32,0	II
Кобальт	5,0	II

При оценке радиационной обстановки исследуемой территории основными количественными характеристиками являются активность радиоактивного вещества и доза ионизирующего излучения.

Помимо ПДК, нормирующих концентрацию данного загрязнителя в различных компонентах окружающей среды, для характеристики загрязненности окружающей среды также используются нормативные показатели, регламентирующие количество загрязняющих выбросов или сбросов. К таким показателям относятся предельно допустимый выброс (ПДВ) и предельно допустимый сброс (ПДС).

ПДВ – это количество загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в природе или опасно для здоровья человека (Реймерс). Для каждого конкретного источника загрязняющих выбросов в атмосферу (завода, фабрики, ТЭЦ и пр.) устанавливается свое значение ПДВ, при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника с учетом рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, не создадут у поверхности земли концентрацию, превышающую их ПДК.

При установлении ПДВ учитывается размещение данного промышленного предприятия относительно других предприятий и жилой зоны, перспекти-

вы его развития, а также физико-географические и климатические условия данной местности. Установленные значения ПДВ пересматриваются каждые 5 лет.

Количество загрязняющих сбросов, производимых в водные объекты (реки, озера, пруды и пр.), нормируется путем установления ПДС.

ПДС – это масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в установленном режиме в данном пункте в единицу времени с целью обеспечения норм контроля качества воды в контрольном пункте (Реймерс). При установлении величины ПДС учитывается ПДК загрязняющих веществ в местах водопользования, ассимилирующая способность воды (то есть ее способность уменьшать концентрацию загрязняющего вещества за счет разбавления сточных вод) и оптимальное распределение массы сбрасываемых сточных вод между водопользователями.

Активность радиоактивного вещества определяются числом спонтанных распадов радионуклидов в единицу времени. Единицей измерения активности служит беккерель (Бк), причем 1 Бк равен 1 распаду в 1 секунду.

Для оценки дозы ионизирующего излучения, полученной живым организмом, постоянно находящимся на исследуемой территории, применяется несколько характеристик:

- **экспозиционная доза** - полная величина электронного заряда ионов, образующихся в процессе ионизирующего излучения;

- **мощность экспозиционной дозы (МЭД)** - приращение экспозиционной дозы за определенный промежуток времени. МЭД измеряется в микрорентгенах/час;

- **эквивалентная доза** - поглощенная телом живого организма энергия ионизирующего излучения в пересчете на единицу его массы, умноженная на коэффициент опасности вида ионизирующей энергии;

- **эффективная эквивалентная доза** - это эквивалентная доза, умноженная на коэффициент риска для тканей организма, учитывающий различную восприимчивость тканей и излучению.

Уровень радиоактивного загрязнения территории оценивается в Бк/м², загрязнение атмосферного воздуха, вод, почв и прочих природных компонентов - в Бк/м³ (литр, кг и пр.).

7.2 Интегральные показатели загрязнения окружающей среды

Наряду с ПДК, в настоящее время широко применяется комплексный показатель загрязнения атмосферы - **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)**. Он используется при исследовании состояния воздушного бассейна, характеризующегося высоким уровнем загрязнения, а также при оценке влияния загрязненности атмосферы на здоровье местного населения. ИЗА рассчитывается по формуле (1):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{\text{ПДК}_{i \text{ МР}}} \right)^{a_i}, \text{ где} \quad (1)$$

q_i - концентрация i -го вещества в мг/м³;
 $ПДК_{i\text{ МР}}$ - максимальная разовая ПДК i -го вещества в мг/м³;
 a_i - коэффициент соотношения вредности i -го вещества с вредностью вещества III класса опасности; $a_i^{\text{I класса}} = 1,7$; $a_i^{\text{II класса}} = 1,3$; $a_i^{\text{III класса}} = 1,0$; $a_i^{\text{IV класса}} = 0,9$;
 n - количество примесей, учтенных при расчете.

Расчеты ИЗА проводятся гидрометеослужбой данной территории, с использованием официально утвержденных методик. Обычно ИЗА рассчитывают по 5-6 приоритетным загрязняющим веществам, преобладающим в общем объеме выброса загрязняющих веществ в атмосферу. Максимальное же число примесей, участвующих в расчете, может быть равно 29.

В настоящее время официально принята следующая классификация исследуемой территории в зависимости от значений ИЗА:

ИЗА меньше 10 - невысокий уровень загрязнения (I категория);

ИЗА = 10-20 - высокий уровень загрязнения (II категория);

ИЗА = 20-30 - очень высокий уровень загрязнения (III категория);

ИЗА более 30 - чрезвычайно высокий уровень загрязнения (IV категория).

Для комплексной характеристики загрязненности исследуемого водного бассейна применяется комплексный показатель - **индекс загрязнения вод (ИЗВ)**. Он рассчитывается в соответствии с принятой методикой формализованной оценки качества поверхностных вод, по 6 основным показателям (азот аммонийный, азот нитритный, нефтепродукты, фенолы, кислород, биологическое потребление кислорода за 5 дней (БПК₅)). Расчет производится по формуле (2):

$$ИЗА = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{ПДК_i} \right), \text{ где} \quad (2)$$

q_i – фактическая концентрация i -го вещества в мг/м³;

$ПДК_i$ - предельно допустимая концентрация i -го вещества в мг/м³;

n - количество примесей, учтенных при расчете.

По величине ИЗВ установлено 7 классов качества воды (табл. 12).

Таблица 12

Классификация поверхностных вод по качеству

Значение ИЗВ	Класс качества воды	Словесная характеристика качества воды	Применение воды
0-0,5	I	Очень чистая	Чистая питьевая вода
0,5-1,0	II	Чистая	Чистая техническая вода
1,0-2,0	III	Умеренно загрязненная	Вода для водопоя скота
2,0-4,0	IV	Загрязненная	Вода для промышленных нужд
4,0-6,0	V	Грязная	Недопустимо загрязненная (применяется только после очистки)
6,0-10,0	VI	Очень грязная	
более 10,0	VII	Чрезвычайно грязная	

В тех случаях, если экологическому картографированию подлежат территории, подверженные интенсивному техногенному воздействию (промышленные центры, бассейны добычи полезных ископаемых и пр.), загрязненность почв оценивают по **суммарному показателю Z_C** , который вычисляется по формуле (3) (Мазур):

$$Z_C = \sum_{i=1}^n \zeta_c^i - (n - 1), \text{ где} \quad (3)$$

ζ_c^i - коэффициент концентрации i -го элемента-загрязнителя;

n - число примесей, учтенных при расчете.

При стандартной оценке загрязненности почв, проводимой гидрометеослужбой, учитывается 14 загрязняющих веществ: 13 тяжелых металлов (кадмий, ртуть, свинец, цинк, кобальт, никель, молибден, медь, хром, барий, ванадий, вольфрам, марганец) и мышьяк. Официально принята следующая градация территорий в зависимости от значения Z_C :

Z_C менее 16 - территория со слабым, допустимым уровнем загрязнения;

$Z_C = 16-32$ - территория со средним, допустимым уровнем загрязнения;

$Z_C = 32-128$ - территория с высоким, опасным уровнем загрязнения;

Z_C более 128 - территория с очень высоким, чрезвычайно опасным уровнем загрязнения.

Для оценки загрязненности снежного покрова также применяется комплексный показатель Z_P . Он характеризует суммарную аэрогенную нагрузку на снежный покров исследуемой территории и рассчитывается по формуле (4):

$$Z_P = \sum_{i=1}^n \zeta_p^i - (n - 1), \text{ где} \quad (4)$$

ζ_p^i - показатель увеличения нагрузки i -го загрязняющего вещества по отношению к его фоновой концентрации;

n - число загрязняющих веществ, учтенных при расчете.

При расчете Z_P учитывается 7 загрязняющих веществ: 6 тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, медь, цинк, хром) и мышьяк.

Лекция 8. СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ

Способ значков

Этот способ применяется на экологических картах весьма широко, поскольку большинство техногенных источников загрязняющих выбросов имеют точечную локализацию в пространстве.

Промышленные предприятия (заводы, фабрики и т. д.), производящие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; а также промышленные центры

в целом, - показывают на экологических картах структурным условным значком (рис. 1):

Размер радиуса значка показывает годовой объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Площадь знака делится на четыре сектора, цвет каждого сектора передает классы опасности загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах (1 класс – розовый, 2 класс – красный, 3 класс – оранжевый, 4 класс – желтый цвет).

Угловая величина сектора отображает удельный вес вещества данного класса опасности в годовом объеме выбросов загрязняющих веществ.

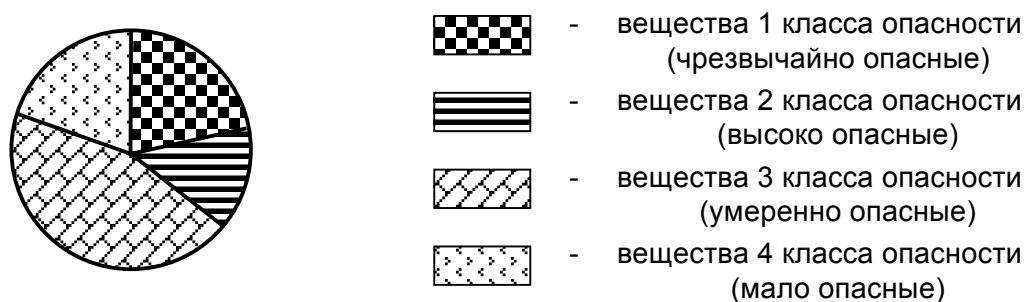


Рис. 1. Условный знак источника загрязняющих выбросов в атмосферу

Геометрические и символические значки также могут использоваться для показа других локальных объектов, загрязняющих окружающую среду (рис. 2). Чтобы вывести подобные объекты на первый план содержания карты, - их условные знаки изображают яркими, броскими цветами (красным, оранжевым).

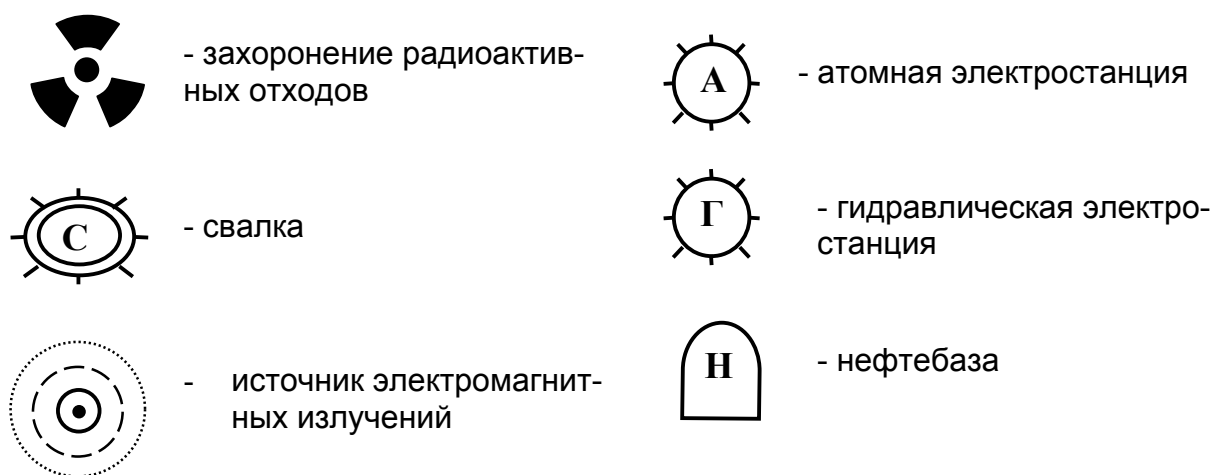


Рис. 2. Условные знаки некоторых экологически опасных объектов.

Способ линейных условных знаков

Этот способ используется для показа на экологических картах техногенных объектов значительной протяженности (нефте- и газопроводы, главные автомагистрали, высоковольтные линии электропередач и т. п.).

При этом, чтобы привлечь внимание читателя карты к подобным объектам, целесообразно использовать жирные линии, дополненные цветной окантовкой, а в нашем случае - штриховкой (рис. 3). Также линейные условные знаки применяются для отображения природных объектов, сильно пострадавших от воздействия человека (загрязненных участков русел рек и т. п.).

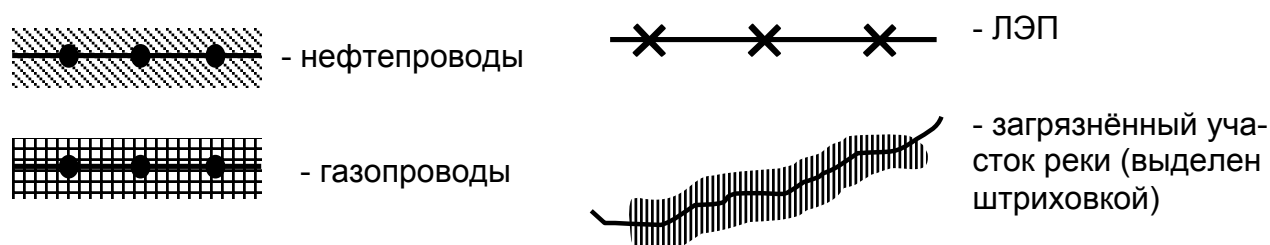


Рис. 3. Линейные условные знаки некоторых экологически опасных объектов

Способ изолиний

Способ изолиний, позволяющий наглядно отобразить характер распространения загрязняющих веществ по исследуемой территории, широко применяется в экологическом картографировании. Особенно часто он используется на отраслевых экологических картах, показывающих загрязненность исследуемой территории отдельным загрязнителем. На таких картах основным показателем картографирования является наблюденная концентрация загрязнителя, или превышения значений наблюденной концентрации над значениями ПДК.

Изолинейные карты могут быть составлены и по таким показателям картографирования, как средняя концентрация загрязняющего вещества в воздухе за определенный период времени, максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества, повторяемость в процентах концентраций загрязнителя выше 1, 5 или 10 ПДК и т. п.

При необходимости на одной экологической карте можно показать две или три системы изолиний, каждая из которых характеризует уровень загрязненности атмосферы картографируемой территории определенным загрязнителем.

С использованием способа изолиний также можно отобразить не только аналитические показатели состояния окружающей среды, но и интегральные показатели (ИЗА, Z_C , Z_P и т. п.).

Способ изолиний настолько прижился в экологическом картографировании, что для некоторых видов изолиний стали складываться собственные названия; например: *изоозоны* - линии равных концентраций атмосферного озона (Божилина), *изосорды* - линии равной загрязненности подстилающей поверхности суммарным атмосферным выбросом.

Большим достоинством способа изолиний является то, что он легко поддается автоматизации. Благодаря этому, изолинейные экологические карты мо-

гут быть легко составлены с использованием программных средств, предназначенных для моделирования трехмерных поверхностей (MAG, Surfer и т. д.), по данным наблюдений в ряде постов на картографируемой территории.

Способ ареалов

Данный способ широко используется при картографировании неблагоприятных экологических явлений и процессов, распространенных на ограниченной территории, например: ареалы выпадения кислотных осадков; ареалы выпадения отработанных ступеней космических кораблей и ракет (рис. 4).

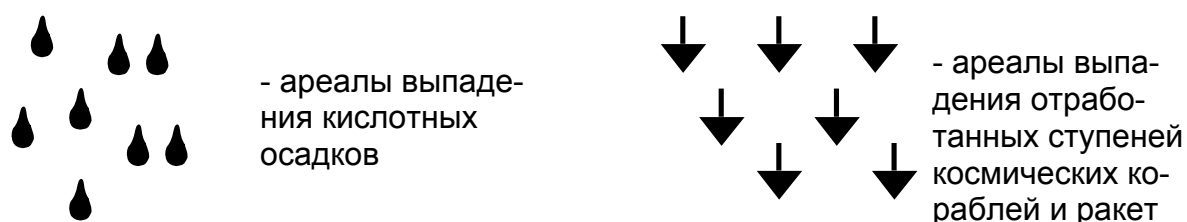


Рис. 4. Примеры использования способа ареалов на экологических картах

Для отображения на экологических картах загрязненности почв тяжелыми металлами часто применяется **способ маркированных ареалов** (рис. 5). В разрыве контура такого ареала указывается химический индекс металла-загрязнителя и превышение ПДК.

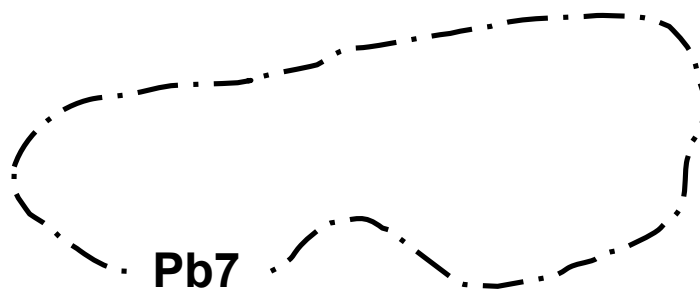


Рис. 5. Способ маркированных ареалов.

Способ локализованных диаграмм

Этот способ используется для отображения данных, полученных на постах наблюдения за состоянием окружающей среды или ее отдельных компонентов. Например, способ локализованных диаграмм может применяться для показа загрязненности поверхностных вод (рис. 6).

В данном случае - цвет столбиков диаграммы передает классы опасности загрязняющих веществ, присутствующих в пробе воды; высота каждого столбика – отображает превышение ПДК по соответствующему классу опасности. С помощью стрелки такая диаграмма привязывается к створу (месту взятия пробы воды из водного объекта).

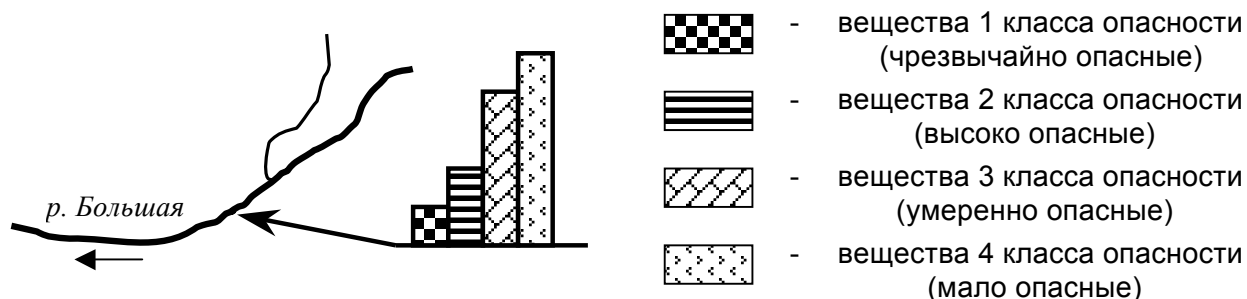


Рис. 6. Локализованная диаграмма, передающая загрязненность поверхностных вод

Способ знаков движения

Этот способ используется для показа направлений дальнейшего развития отрицательных экологических явлений и процессов (например, для показа основных направлений выноса загрязненных воздушных масс с данной территории).

Выбор способов картографического отображения при проектировании экологической карты.

Определяясь с тем, какие способы отображения будут использоваться для передачи на карте различных объектов экологической опасности, следует учитывать следующие факторы:

1. Характер картографируемых данных. Например, при картографировании кислотных осадков можно использовать способ ареалов (для простой фиксации мест их выпадения); или способ изолиний (если картографируется кислотность атмосферных осадков, и на карте надо передать ряд статистических данных).

2. Характер распространения загрязняющего вещества по картографируемой территории. Если данное загрязнение имеет повсеместное распространение (например, загрязненность воздушного бассейна крупного города пылью), то целесообразно будет использовать способ изолиний, или способ количественного фона. Если же загрязнение отмечается только на некоторых локальных участках (например, загрязнение почв города тяжелыми металлами), то его можно будет передать способом ареалов.

3. Масштаб составляемой экологической карты. Например, загрязненность атмосферного воздуха диоксидом серы на крупномасштабных картах целесообразно показывать площадным способом отображения - изолиниями

или количественным фоном. Но в пределах крупного региона или страны в целом загрязнение диоксидом серы является не сплошным, а локальным, и в основном приурочено к промышленным узлам и городским агломерациям. Поэтому на среднемасштабных экологических картах будет логичнее использовать способ ареалов, а на мелкомасштабных картах - способ локализованных диаграмм, привязанных к основным источникам загрязнения атмосферы диоксидом серы - промышленным центрам.

ЛЕКЦИЯ 9. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Используемые на производстве технологии создания компьютерных карт варьируются в зависимости от особенностей назначения создаваемых карт и технических и технологических особенностей производства. Геодезические и кадастровые предприятия, занимающиеся обработкой больших массивов динамичных данных, рассматривают карту лишь как средство отображения пространственно привязанной информации, содержащейся в базе данных, и поэтому широко используют для создания цифровых карт геоинформационные системы (ГИС), обеспечивающие быстроту и точность создания карт.

С другой стороны, на картографическом производстве карта понимается не как средство для достижения конечной цели производственного процесса, а сама является этой целью, и, следовательно, должна удовлетворять таким требованиям, как наглядность, привлекательность для потребителя, возможность тиражирования на имеющемся в распоряжении картфабрики оборудовании и пр.

Поэтому на картфабриках для создания и подготовки и изданию цифровых карт используются графические пакеты CorelDraw, Photoshop, продукты серии Adobe и аналогичные им, не предусматривающие геопривязки и пространственного анализа, но предоставляющие широкие возможности в оформлении и подготовке карт к изданию.

Исходя из целевого назначения экологических карт, можно сделать вывод, что основные требования, предъявляемые к этому типу карт - оперативность их создания и информационная полнота их содержания. Обеспечить эти требования в процессе создания карты позволит использование компьютерной техники.

Ниже приводится схема создания цифровой экологической карты методом сканирования и последующей векторизации картографического изображения.

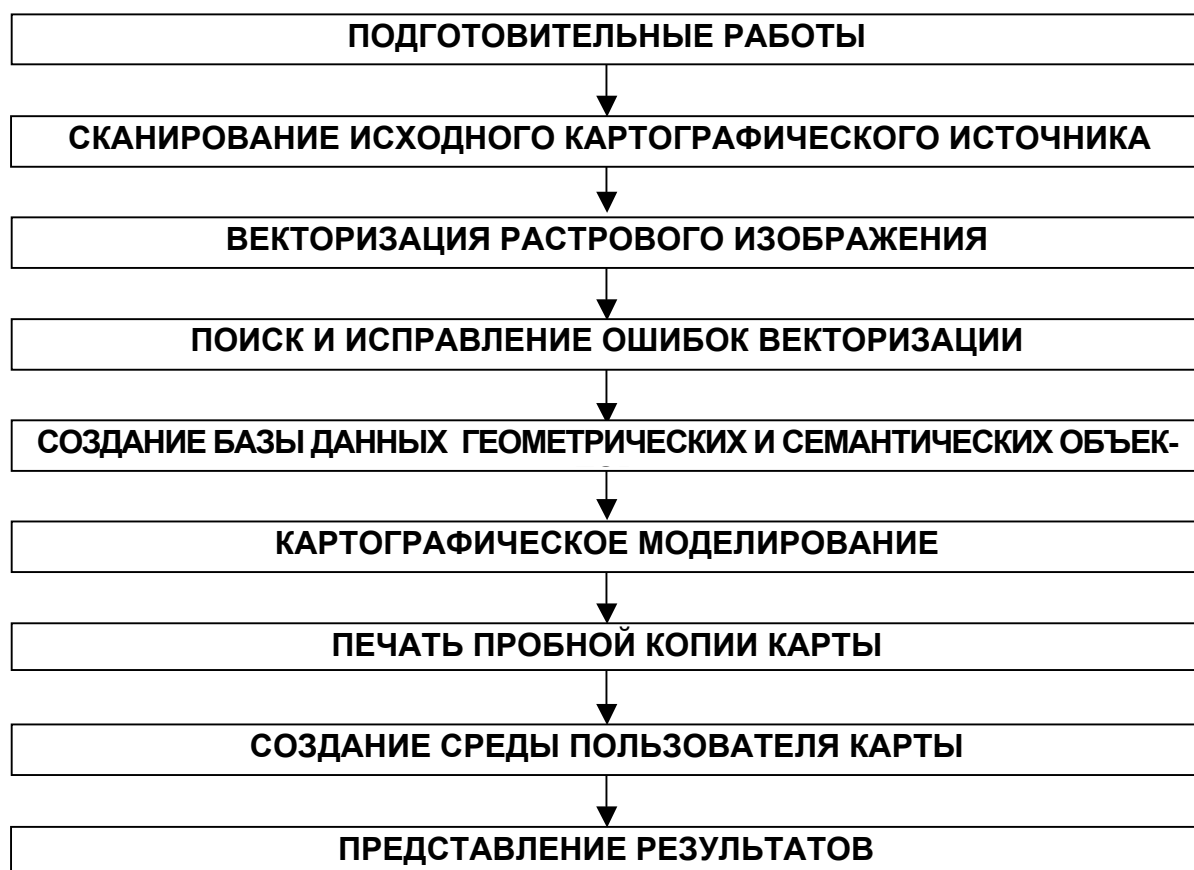


Рисунок 9 - Блок-схема создания цифровой экологической карты

1) Подготовительные работы

На начальном этапе создания цифровой экологической карты определяются элементы ее содержания и способы их картографирования; виды графических примитивов, необходимых для отображения картографируемых объектов (АЭС - точки, тектонические разломы - линии, загрязненные почвы - полигоны и т.д.). Также определяются атрибуты картографируемых объектов, которые надлежит отобразить на карте.

Для удобства пользования все данные заносятся в специальную таблицу. Затем составляется список слоев и перечень объектов, входящих в соответствующие слои. Количество и содержание слоев зависят от содержания проектируемой карты, целей проектирования, технологических возможностей используемой ГИС.

Например, цифровая комплексная экологическая карта будет включать в себя следующие слои:

- промышленные центры (PROMCENT);
- места захоронения радиоактивных отходов (RAD);
- свалки промышленных отходов (SVALKI);
- нефтебазы и газохранилища (NEFGAZ);
- атомные электростанции (AES);
- газопроводы, нефтепроводы, продуктопроводы (PROVOD);
- границы распространения загрязненного водоносного горизонта (VODGOR);

- разломы (RAZLOM);
- сдвиги (SDVIG);
- контура загрязненных почв (ZAGRZEM);
- границы заповедников и заказников (GRZAP);
- площади лесов (LES);
- площади болот и солончаков (GRUNT);
- отметки высот над уровнем моря (OTMETKI);
- реки и озера (GIDR);
- населенные пункты (NASP);
- железные дороги (JELDOR);
- автомобильные дороги (AVTODOR);
- линии электропередач (LEP);
- элементы компоновки карты (КОМП).

В дальнейшем количество и содержание слоев может уточняться по результатам экспериментальных работ.

Далее в процессе подготовительных работ определяются единицы измерения координат, математическая основа основных картографических источников и результирующей электронной карты, масштаб, проекция, компоновка электронной карты.

После этого проводится подготовка и регистрация координат опорных и контрольных точек для привязки листа карты. В качестве таких точек рассматриваются углы рамок трапеций, координаты известных пунктов государственной геодезической сети, точки пересечения километровой сетки.

Подготовительный этап завершается организацией рабочего пространства на жестком диске ЭВМ для хранения необходимых для работы данных.

2) Сканирование исходного картографического источника

В ГИС используются два метода сканирования изображения: растровое и векторное. При векторном сканировании изображение переводится в векторный вид непосредственно в процессе сканирования. Но в основном при создании цифровых карт используют растровое сканирование, когда исходный картографический источник сканируется на растровом сканере, в результате чего получается растровое изображение.

3) Векторизация растрового изображения

Для преобразования растрового изображения в векторный формат используются ГИС - векторизаторы. В настоящее время на рынке ГИС имеется большой выбор векторизаторов; из числа наиболее популярных следует назвать Easy Trace (фирма Easy Trace Group), MapEDIT (фирма Резидент), GeoDraw (ЦГИ ИГ РАН).

В зависимости от нагрузки цифруемой карты могут быть использованы следующие режимы векторизации:

- ***мануальное (ручное) отслеживание*** (курсор векторизатора перемещается по линиям вручную);
- ***полуавтоматическое*** (цифруемая линия отслеживается автоматически с помощью ЭВМ до пересечения с другой линией, когда дальнейшее направление цифрования указывается вручную);

- **автоматическое отслеживание** (оцифровываются все элементы растрового изображения. Если изображение сложное, то при таком способе цифрования допускаются ошибки, так как оцифровке подвергаются и подписи названий, и случайные дефекты изображения).

Полученное векторное изображение приводится в рабочее состояние. Для этого выполняется разделение объектов по слоям (если это необходимо), генерализация исходных цифровых данных в соответствии с детальностью создаваемой компьютерной карты, построение топологии (автоматическое определение геометрических объектов, находящихся в слоях).

4) Поиски и исправление ошибок векторизации

Наличие ошибок векторизации выявляется системой автоматически, при задании ей соответствующей команды. Наиболее часто встречаются следующие ошибки:

- пропуск объектов;
- несвязанность линейного объекта;
- незамкнутость полигона;
- отсутствие внутри контура полигона метки (специальной указательной точки, обозначающей, что данный контур является площадью, а не замкнутой цепью);
- наличие в полигоне 2 и более меток (должна быть одна метка);
- повторное цифрование объекта;
- пропуск характерных вершин линии (ошибка может возникнуть при слишком большом шаге цифрования).

Исправление ошибок векторизации после их выявления чаще всего производится в полуавтоматическом режиме: сначала оператор ЭВМ задает числовые значения для исправления: минимальную длину звена (более короткие звенья будут удалены), минимальное расстояние между линиями (если оно меньше минимума, линии будут слиты в одну).

После этого оператор дает системе соответствующую команду и она автоматически исправляет ошибки, а также отмечает пропущенные вершины и лишние метки полигонов, которые потом добавляют или удаляют вручную.

После исправления ошибок заново проводится построение топологии. Если при этом опять выявляются ошибки, их исправляют, если ошибок нет - то переходят к следующему этапу.

После получения векторного изображения дальнейшая работа по созданию цифровой карты осуществляется с использованием какой-либо ГИС, предназначенной для создания карт (ArcInfo, MapInfo и т. п.).

5) Создание баз данных для геометрических и семантических объектов

Процесс создания и заполнения базы данных электронной экологической карты содержит следующие этапы:

- **Создание новых атрибутивных файлов данных** (атрибутивных таблиц), которые будут содержать семантические данные. Под семантическими данными понимаются качественные и количественные характеристики объектов карты, которые могут быть получены из самых разнообразных источников

(наблюдения метеостанций и метеопостов, материалы ранее созданных отраслевых экологических карт, различные справочные и статистические данные и т.д.). При создании таблицы задается ее «шапка» (названия полей, т.е. столбцов, таблицы). Каждое из полей таблицы описывается специальным образом (указывается название поля, содержание, максимальная длина поля в символах и т.д.). Как правило, первое поле таблицы содержит однозначный идентификатор объекта, в качестве которого используются порядковый номер объекта или его координаты на местности. Дальнейший состав таблицы варьируется в зависимости от характера объекта.

- **Созданные атрибутивные файлы заполняются семантической информацией.** Заполнение атрибутивных таблиц может проводиться вручную (путем набора значений с клавиатуры) или путем копирования данных из ранее созданных баз и банков данных.

- **Заполненные атрибутивные файлы связываются с соответствующими объектами цифровой карты.** Связь устанавливается автоматически, по идентификатору. После установления связи проводится поиск и исправление ошибок семантических атрибутов, как правило, в полуавтоматическом режиме.

Результатом вышеописанных этапов является **цифровая экологическая карта.**

После завершения создания цифровой карты ее необходимо представить в виде электронной экологической карты, имеющей оформление, которое соответствует законам картографического дизайна. Для этого выполняется картографическое моделирование.

б) Картографическое моделирование

В процессе картографического моделирования определяются параметры электронной экологической карты: размеры и расположение названий, врезок, рамок, легенды карты, используемый шрифт; определяется набор используемых условных знаков из библиотеки ГИС, а также, при необходимости, моделируются собственные оригинальные условные знаки.

Затем подготавливаются данные для ввода условных знаков (определяется высота, цвет, ориентировка и прочие параметры условного знака), подготавливаются текстовые файлы подписей, устанавливается связь файлов подписей с условными знаками на карте.

В общем случае **картографическое моделирование электронной экологической карты** осуществляется **в следующем порядке:**

– **Определение параметров компоновки** электронной карты (размещение и шрифт подписей названия карты, масштаба, легенд, размещение врезок и т.д.).

– **Определение параметров математической основы** электронной карты (размеры листа карты, внутренних и внешних рамок, врезок и т.д.).

– **Определение набора используемых для оформления карты условных знаков.** Из библиотеки, предоставляемой ГИС, выбирают необходимые условные знаки, типы линий и штриховок.

- **Моделирование собственных, уникальных условных знаков, типов линий и текстур** (при необходимости). Для этих целей в ГИС имеется встроенный графический редактор.

- **Установление связи условных знаков с соответствующими объектами карты**, вручную или с помощью специальных команд, написанных на макроязыке данной ГИС.

- **Подготовка текстовых файлов**, содержащих подписи названий.

- **Установление связи файлов подписей с соответствующими объектами на карте**. Размещение подписей на карте проводится вручную или в автоматическом режиме, с помощью специальных команд на макроязыке.

- **Предварительная корректура изображения** электронной экологической карты на мониторе ЭВМ.

После предварительной корректуры осуществляют печать пробной копии карты.

7) Печать пробной копии карты

В целях экономии печатных материалов печать пробной копии карты зачастую осуществляют в уменьшенном масштабе или печатают лишь наиболее загруженный фрагмент карты. По полученной пробной копии проводят корректуру электронной экологической карты (изменение сложных цветовых оттенков, плохо передававшихся в печати, изменение толщины плохо пропечатавшихся линий и т.д.).

После корректуры, если оформление карты удовлетворяет требованиям заказчика, печатают окончательный оригинал карты.

8) Создание среды пользователя (кастомизация проекта)

На этом этапе выполняются операции, облегчающие пользование картой, например: автоматизация выполнения часто повторяющегося набора команд (определение расстояний между двумя точкам и пр.); создание собственных команд для выполнения специальных задач (например, автоматизация измерения средней загрязненности атмосферного воздуха); создание специальных атрибутивных и пространственных индексов для ускорения поиска объектов по запросам пользователей; развитие пользовательского интерфейса и т.д.

9) Представление результатов

В зависимости от требования заказчика, результатом работ по созданию электронной экологической карты могут быть:

- **печать тиража карты** может быть осуществлена с помощью настольной издательской системы (если тираж составляет несколько сот экземпляров), или на офсетной машине (в том случае, если электронная экологическая карта предназначена для широкого круга потребителей, например, она будет входить в атлас, или использоваться как наглядное пособие при ведении занятий в учебных заведениях);

- **создание электронного приложения**: лазерного диска, содержащего саму электронную экологическую карту, ее базу данных и некоторые функции для работы с картой: масштабирование изображения, поиск объектов на карте, выбор объектов и отмена их выбора, выход из программы;

- **создание отчета**, включающего карту и пояснительную записку к ней;
- **вынесение рекомендаций и решений** на основании сведений, предоставленных созданной электронной экологической карты (например, рекомендации по дальнейшему размещению новых промышленных предприятий в промышленном центре).

Литература

- 1) Божилина Е. А., Сваткова Т. Г., Чистов С. В. Экологическое картографирование. - М.: Изд-во МГУ, 1999. - 84 с.
- 2) В. И. Стурман. Основы экологического картографирования. - Ижевск: Изд-во Удмуртского ун-та, 1995. - 220 с.
- 3) Комплексное геоэкологическое картографирование (географический аспект): Учебное пособие / под ред. Н. С. Касимова - М.: МГУ, 1997. - 147 с.
- 4) Жуков В. Т., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. - М.: Научный мир, 1999. - 128 с.
- 5) Временная инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной деятельности в предпроектных и проектных материалах. - М.: Минприроды, 1992. - 45 с.
- 6) Берлянт А. М. Картография: Учебник для вузов. - М.: Аспект Пресс, 2001. - 336 с.
- 7) Маликов Б. Н. Экологическое картографирование: Учебное пособие. – Новосибирск, Изд-во СГГА, 2000. – 54 с.
- 8) Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1994 году». – М.: Центр международных проектов, 1995. – 340 с.
- 9) Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
- 10) Боков В. А., Селиверстов Ю. П., Черванев И. Г. Общее землеведение: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1999. – 268 с.
- 11) Теория и методология экологической геологии /Трофимов В. Т. и др. Под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
- 12) Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: Учебное пособие для вузов – М.: Агентство «ФАИР», 1998 – 320 с.
- 13) Николаева О.Н, Ромашова Л.А. Основы экологического картографирования: Учебно-методическое пособие.- Новосибирск: СГГА, 2006. - 28 с.