

Лекция 9. Экологические информационные системы

1. Структура информационных систем.
2. Понятие базы данных (БД), системы управления базами данных (СУБД), банка данных.
3. Способы «общения» с экологическими базами данных.
4. Проектирование экологических БД.
 - А – БД Локальный мониторинг поверхностных вод
 - Б – БД Мониторинг природы в районе АЭС
5. Глобальная информационная база данных о природных ресурсах.

1. Структура информационных систем

Информационные системы – это системы хранения, обработки, преобразования, передачи и обновления информации с использованием компьютерной и другой техники.

Сбор, хранение, переработку и передачу данных называют информационными процессами.

Наличие достоверной информации будет содействовать повышению научной обоснованности прогнозов и комплексной оценки состояния окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов. В основе любой информационной системы лежит блок связи, состоящий из источника информации, передатчика, приемника и получателя информации.

Источник информации в соответствии с его конструкцией, назначением, способом физической реализации в фиксированный момент времени избирает одно из совокупности возможных сообщений. В частном случае источником информации может быть измерительное устройство или человек, выполняющий функции наблюдателя.

Передатчик соответствующим образом преобразует сигнал в форму, удобную для передачи. Это может быть цифровое кодирование аналогового сигнала в случае, если источник информации — измерительное устройство или определенным образом закодированное сообщение в случае, когда речь идет о наблюдателе.

Канал связи есть просто среда (воздух, вода), передающая сигнал от передатчика к приемнику. По одной и той же среде может проходить одновременно множество сигналов, в том числе и не предназначенных для конкретного приемника.

При прохождении сигнала могут возникать его искажения. В информационных системах о состоянии окружающей среды искажения сообщений или отдельных сигналов — достаточно обычное явление. В таких искажениях часто заинтересованы как те, кто загрязняет среду, так и те, кто стоит на ее защите. Первые заинтересованы в сокрытии неблагоприятной обстановки, вторые склонны, напротив, преувеличивать масштабы загрязнения. Первые стремятся не передавать экстремального значения или организовывать наблюдения таким образом, чтобы экстремальные значения встречались с минимальной вероятностью, вторые действуют диаметрально

противоположно. В связи с этим методы подавления искажений экологической информации имеют весьма большое значение. Кроме умышленных искажений, могут быть и неумышленные, возникающие в результате воздействия на сигнал других источников информации. Такие искажения подавляются в первую очередь улучшением качества канала связи или методами кодирования информации. Приемник преобразует принятый сигнал и восстанавливает по нему первоначальное сообщение. Обычно действие приемника по смыслу обратно действию передатчика. В частных случаях приемник может специальным образом перекодировать сообщение в соответствии с потребностями получателя или потребителя

Несмотря на весь огромный арсенал методов анализа, проблема, обработки информации, превращения ее из множества неупорядоченных фактов в систему, которую можно определить как «истинные» знания, остается чрезвычайно сложной и в общем случае нерешенной. Парадоксально, но возможности современной вычислительной техники создают даже своеобразный тупик.

2. Понятие базы данных (БД), системы управления базами данных (СУБД), банка данных.

В настоящее время термины «база данных» и «система управления базами данных» используются исключительно как относящиеся к компьютерам. В общем смысле термин «база данных» можно применить к любой совокупности связанной информации, объединенной вместе по определенному признаку. Например, в качестве базы данных можно рассматривать расписание движения поездов или книгу регистрации данных о заказах покупателей и их выполнении.

База данных — совокупность связанных данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования, независимая от прикладных программ. Это понятие вошло в употребление в 1960-е гг. База данных представляет собой информационную модель предметной области, например, экологическая база данных по конкретному региону может содержать информацию о природных условиях территории, населении, природных и антропогенных загрязнителях окружающей среды и их источниках и т.п.

За выработку требований к базе данных, ее проектирование, реализацию, эффективное использование и сопровождение отвечает администратор базы данных.

Базы данных можно разделить на несколько типов:

- 1) графическая база данных — содержит графические данные;
- 2) документографическая база данных — содержит библиографические описания документов и/или их рефераты;
- 3) картографическая база данных — совокупность взаимосвязанных картографических данных по определенной предметной области, представленная в цифровой форме при соблюдении общих правил описания, хранения и манипулирования данными;

4) объектографическая база данных — фактографическая база данных, содержащая расширенный набор данных о сложных объектах предметной области.

5) полнотекстовая база данных — содержит записи полнотекстовых документов или их частей;

б) проблемноориентированная база данных — содержит тематически связанные документы и/или данные, предназначенные для решения прикладных задач определенного вида.

Организация базы данных должна удовлетворять следующим требованиям:

- данные сохраняются так, чтобы они были независимы от программ, их использующих;

- для добавления новых или модификации существующих данных, а также для их поиска в БД применяется общий способ управления;

- хранение данных должно характеризоваться такой минимальной избыточностью, которая допускает их использование лучшим образом для одного или нескольких применений.

Работа с базами данных осуществляется с помощью системы управления базами данных. *Система управления базами данных* — комплекс программных и лингвистических средств общего или специального назначения, реализующий поддержку создания баз данных, централизованного управления и организации доступа к ним различных пользователей в условиях принятой технологии обработки данных.

Основные функции баз данных в управлении качеством окружающей среды — собственно информационная база и основа для работы географических информационных систем.

Банк данных — автоматизированная информационная система централизованного хранения и коллективного использования данных. В состав банка данных входят одна или несколько баз данных, справочник баз данных, СУБД, а также библиотеки запросов и прикладных программ.

Важно уяснить возможности, ограничения и специфику экологического банка данных при его использовании в решении проблем охраны окружающей среды и здоровья населения. При создании экологического банка данных важно выяснить, как будут реализованы:

- Стандартизация и идентификация используемых терминов;

- Проектирование архитектуры вычислительного комплекса как технического обеспечения банка данных;

- Регистрация, сбор и хранение данных об исследуемых объектах окружающей среды;

- Решение задач совместимости банка данных с пакетами прикладных программ для обработки данных;

- Обеспечение широкого доступа к банку пользователей-непрограммистов;

- Планирование и управление процессом создания и функционирования банка данных.

3. Способы «общения» с экологическими базами данных.

Важным вопросом для пользователей является интерфейс с базами данных. Выделим следующие шесть видов интерфейсов, рассчитанных на обслуживание различных категорий пользователей, различающихся своими потребностями.

Интерфейсы командного типа ориентированы на использование структурированных команд, которые вводятся с клавиатуры. Это вполне приемлемый и эффективный способ для случая, когда один и тот же пользователь многократно использует небольшое число редко меняющихся команд. Эти команды могут быть в значительной степени зашифрованными и неестественными, однако, поскольку их мало, их вполне можно запомнить.

Второй вид интерфейса — структурированные языки запросов для баз данных, по мнению многих пользователей, сходен с командными. Действительно, это те же команды, однако язык запросов, как правило, в большей степени напоминает естественный язык. Структурированные языки хороши для конечных пользователей, которые работают с ними достаточно часто и готовы потратить время на их изучение. Такие языки характеризуются гораздо большей гибкостью, чем интерфейсы командного типа.

Третий вид интерфейса напоминает язык запросов. Он встраивается в стандартные языки программирования высокого уровня, так что программисты могут использовать операторы доступа к базе данных и функции системы баз данных непосредственно в программах, написанных на этих языках. Подобные интерфейсы предназначены только для программистов.

Для пользователя-непрограммиста подходят интерфейсы, построенные на основе меню (четвертый вид). При работе с ними пользователь только выбирает нужные варианты из короткого меню возможных команд.

Если требуется реализация более сложных функций, то можно организовать меню по иерархическому признаку, чтобы в любой конкретный момент времени на дисплее воспроизводилось небольшое число вариантов (пятый), упрощающий взаимодействие с пользователем, — это интерфейс на основе бланков. На экране дисплея воспроизводится некий формат. Он может иметь пустые места, которые должен заполнить пользователь, предусмотрено также автоматическое заполнение при помощи очень общего запроса, показанного в качестве примера. Пользователь может остановиться на этом запросе, если он его удовлетворяет, или изменить любую из перечисленных форм, генерируя новый запрос.

Шестой способ упрощения механизма запросов к базам данных заключается в том, чтобы разработать диалоговый язык, который был бы как можно ближе к естественному, другими словами, разработать интерфейс с ориентацией на естественный язык.

Анализ использования реальных систем и общения с различными контингентами неподготовленных пользователей (биологов, медиков,

экологов и т. д.) позволяет сделать вывод, что пользователям нужен удобный для применения интерфейс, который было бы приятно использовать и который не требовал бы больших усилий для его освоения. В разработанных авторами системах использовали языки второго и четвертого типов.

4. Проектирование экологических баз данных.

А. Локальный мониторинг поверхностных вод

Первым этапом проектирования БД любого типа является анализ предметной области, который заканчивается построением информационной структуры (концептуальной схемы). На данном этапе анализируются запросы пользователей, выбираются информационные объекты и их характеристики, и на основе проведенного анализа структурируется предметная область. Анализ предметной области является общезначимым этапом, не зависящим от программной и технической сред, в которых будет реализовываться БД.

Требования пользователей к разрабатываемым БД представляют собой список запросов с указанием их интенсивности и объемов данных. Эти сведения разработчики БД получают в диалоге с ее будущими пользователями. Здесь же выясняются требования к вводу, обновлению и корректировке информации. Требования пользователей уточняются и дополняются при анализе имеющихся и перспективных приложений. Рассмотрим примерный состав вопросника при анализе различных предметных областей.

Предлагается разработать базу данных учета результатов исследований поверхностных вод при проведении локального мониторинга.

Первая фаза анализа предметной области:

1. Сколько имеется точек отбора проб для проведения исследований?
2. Каково их место расположения?
3. Какие параметры подлежат контролю?
4. Какова периодичность контроля?

Вторая фаза анализа предметной области состоит в выборе информационных объектов и заданий необходимых свойств для каждого из них; выявлении связи между объектами; определении ограничений, накладываемых на информационные объекты, типы связей между ними, характеристики информационных блоков.

Проанализируем предметную область на примере БД «Локальный мониторинг». При выборе информационных объектов постараемся ответить на ряд вопросов:

1. На какие классы можно разбить данные, подлежащие хранению в БД?
2. Какое имя можно присвоить каждому классу данных БД?
3. Какие наиболее интересные характеристики (с точки зрения пользователя) каждого класса данных можно выделить?
4. Какие имена можно присвоить выбранным наборам характеристик?

Выявление информационных объектов — процесс итеративный. Он осуществляется на основании анализа информационных потоков и интервьюирования потребителей. Характеристики информационных объектов определяются теми же методами.

После беседы с различными пользователями, просмотра нормативно-технической и иной документации было выявлено, что интерес представляют три информационных объекта: точка отбора; количественное содержание в ней токсичных элементов; нормативно установленные эталонные содержания токсичных элементов.

Рассмотрим наиболее существенные характеристики каждого информационного объекта:

Точка отбора — координаты, природная среда.

Содержание токсичных элементов — точка отбора, дата отбора, кем осуществлен отбор проб, наименование исследуемого элемента, результаты испытаний.

Эталонное содержание — наименование элемента, нормативно-установленный количественный показатель, единица измерений, нормативный документ.

Далее выделим связи между информационными объектами. В ходе этого процесса необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Какие типы связей между информационными объектами?
2. Какое имя можно присвоить каждому типу связей?
3. Каковы возможные типы связей, которые могут быть использованы впоследствии?
4. Имеют ли смысл какие-либо комбинации типов связей? Попытаемся задать ограничения на объекты, их характеристики и связи. При этом нужно ответить на следующие вопросы:

1. Какова область значения для числовых характеристик?
2. Каковы функциональные зависимости между характеристиками одного информационного объекта?
3. Какой тип отображения соответствует каждому типу связей?

Большинство баз данных, независимо от того, реализованы они на компьютерах или нет, для хранения данных используют таблицы. Каждая таблица состоит из столбцов и строк, которые в компьютерных базах данных называются полями и записями, соответственно. Технология баз данных, история развития которой прошла через ряд этапов и насчитывает более двух десятилетий, занимает одно из ведущих мест в прикладной информатике.

Б. Экологический мониторинг природы в районе АЭС.

Контролю подлежит поступление радиоактивных, химических и биологических веществ в окружающую среду. Он включает экологическую инвентаризацию и паспортизацию источников загрязнений; исследование АЭС как источника поступления экологически значимых радионуклидов при разных режимах эксплуатации и различном состоянии активной зоны реактора; исследование других предприятий как источников поступления вредных химических веществ и радионуклидов в окружающую среду; изучение поступления биогенных соединений в водоем и реки; оценку степени эвтрофикации малых рек и водоемов; оценку размеров и возможного

характера воздействия электромагнитного излучения на состояние региона; контроль загрязнения воздуха вредными химическими веществами на предприятиях и в городе.

В соответствии с современными экологическими концепциями контролю подлежит также площадь бассейна водосбора радиусом до 30 км, включающая водоем и впадающие в него реки. Контролю и оценке подвергаются следующие факторы: антропогенный (содержание радионуклидов, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, тяжелых металлов и других химических токсикантов в морской и речной воде), абиохимический (рН, параметры карбонатного равновесия, кислород, биогенные элементы, растворенное органическое вещество, соленость, температура), биотический (биологические сообщества фитопланктона, зоопланктона, рыб, бентоса, перифитона, водных растений, водных микроорганизмов).

Особое внимание уделяется совместному действию антропогенных факторов: радиоактивного, химического, теплового загрязнений, эвтрофикации, механического травмирования планктона и рыб на водозаборных устройствах. Значительная часть рыбы, обитающей в водоемах района содействия АЭС, используется в пищу, ее состояние может существенно влиять на здоровье населения. Имеются данные о зараженности рыбы гельминтами. Состояние рыбных запасов должно особенно тщательно контролироваться, тем более что рыба является хорошим индикатором состояния водной среды.

Все данные о действующих факторах и параметрах вводятся в базу данных по водоему-охладителю, входящую в состав банка данных «Экология».

Отдельно выделена база данных «Гидробионты» в связи с особым, отмеченным выше значением объекта. Система помимо данных, подробно отражающих развитие водоема на протяжении многих лет, содержит ряд имитационных моделей. Она представляет исследователю уникальные возможности для изучения биологических закономерностей путем вычислительных экспериментов на ЭВМ, проверки гипотез и оценки реальных хозяйственных решений, например, мер по сохранению рыбных ресурсов.

В банк данных загружены данные, собранные ихтиологами лаборатории экологического мониторинга АЭС Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцева с 1979 г. Изучено состояние более 50 видов рыб (от сотен экземпляров для редких видов до миллионных популяций для промысловых). С каждого экземпляра снято около 20 показателей, а всего за весенне-осенний период обрабатывают до 20 тыс. экземпляров. Эти результаты позволяют получить представление о естественных процессах размножения, развития рыб в Копорской губе и об их изменениях под воздействием ЛАЭС.

Круглогодично изучается состояние около 200 видов фитопланктона, 200 видов зоопланктона, химический состав воды и динамика ее загрязнения. Изучены отдельные виды бентоса, около 60 видов пролетных и непролетных птиц, около 10 видов насекомых. Полностью и глубоко провести анализ этих данных без ЭВМ невозможно.

Гидросфера представляет особый интерес для ядерной энергетики из-за дефицита воды в местах желательного размещения АЭС. Если добавить к этому то, что годовой объем поступления биогенных веществ, например, в Копорскую губу составляет около 7 тыс. т (из них на долю ЛАЭС приходится около 25%), то ясна проблема оценки способности гидробионтов «держаться» нагрузке. Экологам известно, что оценка состояния водоема, прогноза его развития (в частности, прогноз его способности выполнять функции водоема-охладителя) зависят от тонких процессов, сложны и требуют детального знания картины.

Контролю и оценке с вводом данных в банк подлежит ряд контрольных площадок и видов-индикаторов: «божьи коровки», грызуны, древесные и растительные виды (сосна, злаки). Дополнительно вводятся экспериментальные популяции культурных злаков (например, ячменя и др.) для определения их приспособленности к хроническому облучению в условиях внутривидовой конкуренции (среди разных сортов), анализа появления морозов (ненаследственных изменений) колосьев, оценки возможного стимулирующего действия малых доз радиации. Последнее необходимо для исследования возможности создания экологических заповедников в районах расположения АЭС, подготовки рекомендаций по использованию природных ресурсов регионов АЭС в народном хозяйстве. Как уже отмечалось, эволюция концепции взаимодействия человека с природой применительно к АЭС ведет к интенсификации работ по использованию низкопотенциального сбросного тепла в рамках энергобиологических комплексов для подогрева почв, полива, выращивания водорослей, рыбы, производства органического топлива (метана, водорода) из биомассы микроводорослей и водных растений. В связи с этим вопросы оценки влияния малых доз хронического облучения на эколого-генетические процессы в природных популяциях, изучения возможностей мутагенной активности видов, характерных для регионов АЭС, определения мутагенной активности абиотических компонентов (почвы, воды, донных отложений), изучения мутагенной активности видов - - потенциальных накопителей радионуклидов, исследования мутагенной активности промысловых видов необходимо решать не просто как экологические, а в рамках анализа развития системы станция — среда — человек.

Параметры контроля за здоровьем людей возле АЭС:

Комплекс методов первичного иммунологического обследования позволяет получать основные показатели клеточного и гуморального иммунитета (*T*-, *B*- и фагоцитарной систем). Модификация данного комплекса методов, разработанная в лаборатории клинической иммунологии Института иммунологии Минздрава СССР, требует минимальных затрат

времени, реактивов и оборудования и, самое главное, минимального количества крови (0,2—0,5 мл), в связи с чем может применяться капиллярная кровь из пальца. Это впервые позволило внедрить метод в клиническую практику и провести обследование на основании этих методов большого контингента людей. Апробация методов на контингенте сотрудников ИАЭ им. И. В. Курчатова показала реальность такого обследования и позволила определить нормативные показатели у здоровых людей.

Комплекс показателей, получаемых в результате первичного иммунологического обследования населения (выборочных групп), сопоставляется с показателями нормы здоровых людей в других регионах страны. Далее на основании снятой информации можно в обследованном контингенте произвести отбор лиц, имеющих **общий синдром иммунологической недостаточности (ОСИН)**, т. е. определить лиц* с напряженным состоянием иммунной системы, имеющих повышенный риск к возникновению рецидивирующих инфекционных заболеваний.

Поскольку среди здорового контингента людей количество лиц, имеющих ОСИН, невелико, целесообразно обследовать контингент, включающий не менее 300 человек. В день можно обследовать 100 человек.

Другим специфическим для АЭС и необходимым, на наш взгляд, дополнением системы экологического мониторинга является мониторинг генетического состояния на основе контроля динамики уровня **врожденных пороков развития (ВПР)**. Хотя данных о влиянии АЭС нет, острота вопроса требует разворачивания вокруг АЭС такого контроля даже в целях пропаганды.

Изменения в окружающей человека среде могут выразиться в увеличении частоты врожденных пороков развития, росте наследственной патологии, изменении предрасположенности к ряду заболеваний экзогенной и эндогенной природы, что должно сказаться на жизнеспособности и репродуктивной функции. В связи с этим проблема **генетического мониторинга** не должна сводиться только к использованию экспериментальных модельных систем, так как между моделями и организмом человека лежит малоизученный путь экстраполяции. Сама человеческая популяция должна явиться объектом исследования, а показатели здоровья отдельных групп населения показателем неблагоприятного воздействия на человека факторов среды. В качестве одной из групп таких показателей могут быть рассмотрены ВПР. Интерес к группе новорожденных с ВПР обусловлен высоким удельным весом в популяции, их корреляцией с хромосомными аномалиями, значительной связью с генными мутациями. Следует отметить, что значение ВПР не ограничивается задачами генетического мониторинга. Контроль за данными мутационного процесса в конечном счете сводится к оценке роли средовых факторов, которые возрастают значительными темпами. Поэтому сами по себе показатели частоты рождений с ВПР могут явиться индикаторами таких воздействий.

Врожденные пороки развития, как и другие демографические показатели — внутриутробные потери, детская смертность, частота двоен и близнецов — все еще остаются недостаточно изученными. Из-за отсутствия стандартизации методов регистрации и учета трудно судить о популяционно-географической и временной вариабельности в частоте появления ВПР. Что касается родовспомогательных и детских учреждений, то согласно существующей системе регистрации в них случаев с ВПР не представляется возможным вести учет данных, которые бы отвечали требованиям генетического мониторинга. В связи с этим одна из целей **мониторинга человека** — создание системы генетического мониторинга с использованием учета ВПР. Для этого необходимо создать унифицированные карты для регистрации нормальных родов, спонтанных внутриутробных потерь, мертворождений, близнецов, двоен и случаев с ВПР при одновременном учете возрастных и социальных показателей родителей. Имеется положительный трехлетний опыт решения задачи по созданию базы данных по ВПР для Ленинградской АЭС им. В. И. Ленина.

5. Глобальная информационная база данных о природных ресурсах (ГРИД, GRID — Global Resource Information Database).

С 1985 г. в рамках Департамента ЮНЕП по проблемам экологической информации и оценок состояния окружающей среды функционирует *Глобальная информационная база данных о природных ресурсах* (ГРИД, *GRID — Global Resource Information Database*).

Программа ГРИД создана как информационная служба, обеспечивающая экологическими данными управленческие службы и специальные агентства ООН, международные организации и правительства.

ГРИД представляет собой глобальную сеть связанных между собой центров, осуществляющих доступ заинтересованных пользователей к экологической информации с целью обоснования управленческих решений в экономике и политике.

В мире действуют несколько центров программы ГРИД: в США, Канаде, Новой Зеландии, Дании, Норвегии, Непале, Бразилии, Таиланде, Кении, Польше, Венгрии, Швейцарии, России. Координируется эта деятельность центром ГРИД-Найроби (Кения), расположенным в штаб-квартире ЮНЕП.

Основные цели программы — оценка состояния окружающей среды и анализ данных о состоянии окружающей среды. Также важная долговременная цель программы ГРИД — обеспечение доступа ко всем существующим экологическим данным. В связи с этим ГРИД имеет компьютерный каталог метабазы данных в помощь пользователям для указания местонахождения и приобретения необходимых данных. Метабаза данных содержит полное описание информационных ресурсов (данных), имеющихся в ГРИД-центрах всего мира: цифровые и бумажные карты, спутниковые изображения, табличные и статистические данные. Она в конечном счете будет содержать детальные описания данных, имеющихся в других архивах, с указанием организации, которая готова «поделиться» необходимой информацией. Обеспечение пользова-| телей экологическими

данными через доступную директорию данных о ресурсах, которая существует в ГРИД, и помощь в приобретении этих данных — одна из основных задач ГРИД и главное требование Повестки дня на XXI век.

Литература:

1. Гершензон, В.Е. Информационные технологии в управлении качеством среды обитания: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/ В.Е. Гершензон, Е. В. Смирнова, В. В. Элиас; под ред. В.Е. Гершензона. М.: Издат. центр «Академия», 2003. – 288 с.
2. <http://www.grid.unep.ch/>
3. <http://www.grid.ecoinfo.ru/wtbint/start.htm>