

Заключение

В системе комплексного мониторинга чрезвычайных ситуаций реализованы принципы технологической интеграции, что позволило обеспечить высокий уровень согласованности функционирования всех элементов и достигнуть синергетического эффекта преумножения возможностей отдельных компонентов. Полученные результаты интеграции технологий позволили повысить оперативность принятия обоснованных решений на основе полноты, достоверности и непротиворечивости управленческой информации, её представлении в требуемых аналитических срезах, с необходимой степенью детализации. Сформированные информационные ресурсы комплексного мониторинга используются для анализа опасных природных явлений, возникновения техногенных аварий, оценки состояния безопасности территорий.

Литература

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций. – М.: МГОФ «Знание», 2015. 864 с.
2. *Фалеев М.И., Соколов Ю.И.* и др. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях. – М.: МЧС России, 2015. 232 с.
3. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций / под общ. ред. *В.А. Пучкова* / МЧС России. – М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России. 2013. 352 с.
4. *Коробко А.А., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И.* Динамическое формирование интерфейса ВЕБ-системы сбора данных мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. 2014. № 3. С. 59-64.
5. *Ноженкова Л.Ф.* Информационно-аналитические технологии и системы поддержки регионального управления // Вычислительные технологии, 2009. Т. 14. № 6. С. 71-81.

The technology integration in the complex monitoring of emergencies

Valery Vasilyevich Nicheporchuk, PhD of technical sciences, senior researcher, Institute of computational modelling SB RAS

Alexander Ilich Nozhenkov, PhD of technical sciences, scientist, , Institute of computational modelling SB RAS

The results of creating complex monitoring system in aspect of integration of modern information technologies are presented. The consolidation technologies, analysis and data presentation from different sources are described.

Keywords: complex monitoring, data consolidation, management of territorial safety

УДК 574.51

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Полина Владимировна Постникова, к.ф.-м.н., научный сотрудник

Тел.: 8 913 830 7900, e-mail: polina@icm.krasn.ru

Анна Владимировна Коробко, к.т.н., научный сотрудник

Тел.: 8 913 171 5262, e-mail: lynx@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН

http://icm.krasn.ru

Проанализирован состав и структура первичных данных экспедиционных наблюдений Красноярского водохранилища. По результатам анализа выполнено построение концептуальной модели данных, разработана реляционная схема хранения первичных данных экспедиционных наблюдений.

Ключевые слова: реляционная схема данных, концептуальная модель, экологический мониторинг.

Введение

Искусственные водоемы (водохранилища) представляют собой весьма уязвимые водные экосистемы. Для комплексного экологического мониторинга актуальна задача интегральной оценки и прогнозирования состояния всех звеньев экосистемы при разных режимах водопользования и водопотребления в регионе, антропогенных нагрузках и климатических флуктуациях. В арсенале современных исследователей большой набор методов статистической, аналитической обработки данных и методов интеллектуального анализа. Однако эти методы применимы к хорошо структурированным, подготовленным и непротиворечивым данным. К настоящему времени накоплен большой фактический материал по экологии одного из крупнейших водохранилищ мира – Красноярского водохранилища, более чем за 15 лет. В настоящей работе представлены концептуальная и реляционная модели базы данных для хранения пространственных, распределенных во времени показателей функционирования Красноярского водохранилища. Полученные результаты позволят интегрировать накопленные данные с другими показателями, как самого водоема, так и факторов абиотического и антропогенного воздействия и создадут предпосылки для создания комплексной аналитической модели функционирования водохранилища.



П.В. Постникова



А.В. Коробко

При возрастающих природных и антропогенных нагрузках актуальна интеграция (объединение) показателей, полученных различными методами исследования, для комплексной оценки и прогнозирования состояния водохранилища. В работе проанализированы состав и структура данных экспедиционных наблюдений – выявлены основные группы показателей и характеристик водоема, дифференцированы методы исследования, определены основные этапы сбора первичных данных. По результатам анализа выполнено построение концептуальной модели данных без учета требований конкретной СУБД. Разработана реляционная схема хранения первичных данных экспедиционных наблюдений.

При возрастающих природных и антропогенных нагрузках актуальна интеграция (объединение) показателей, полученных различными методами исследования, для комплексной оценки и прогнозирования состояния водохранилища. В работе проанализированы состав и структура данных экспедиционных наблюдений – выявлены основные группы показателей и характеристик водоема, дифференцированы методы исследования, определены основные этапы сбора первичных данных. По результатам анализа выполнено построение концептуальной модели данных без учета требований конкретной СУБД. Разработана реляционная схема хранения первичных данных экспедиционных наблюдений.

Анализ состава и структуры данных

Красноярское водохранилище относится к крупным глубоководным искусственным водоемам мира. Заполнение водохранилища началось в 1967 г. в среднем течении р. Енисей. Оно вытянуто в меридиональном направлении с севера на юг (E 91°–92°, N 53°–56°), находится в зоне с резко-континентальным климатом (с холодной зимой более 5 месяцев и коротким теплым летом). Основные морфометрические характеристики при нормальном подпорном уровне 243 м: площадь водного зеркала 2000 км², объем водной массы 73,3 км³, длина 386 км, средняя ширина 5,8 км, средняя глубина 36,7 м; водообмен 1,4 раза в год [1].

Специфика абиотических и биотических параметров экосистемы Красноярского водохранилища, проявление неблагоприятных последствий функционирования водохранилища для населения прибрежной зоны, включая г. Дивногорск и г. Абакан, а также расположенный ниже по р. Енисей г. Красноярск, обусловили необходимость систематизации наблюдений и исследований на нем. Комплексный подход к экологическому мониторингу водохранилища позволит своевременно разрабатывать мероприятия и осуществлять водоохранные работы на Красноярском водохранилище на основе научно-обоснованных положений по современному состоянию экосистемы и динамике ее гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов с учетом многолетних рядов наблюдений.

Данные экспедиционных наблюдений представлены за период 2000-2015 гг. Исследования проводились в вегетационный период (с июня по август) с многократным повтором забора проб с фиксированных станций. В ходе исследований проводился отбор проб воды в различных участках Красноярского водохранилища на протяжении от верхнего бьефа водохранилища до залива Улазы (Новоселовский район) (~172 км) со 187 станций. Всего было проанализировано 795 проб бактериопланктона и 631 пробы фитопланктона из 21 залива и основного русла водохранилища. Для изучения функциональных характеристик бактерио- и фитопланктона проведено 92 суточных серий бактериальной и первичной продукции и деструкции органического вещества; 65 серий 8-ми суточных определений биохимического потребления кислорода (БПК). Параллельно с микробиологическими анализами проводились флуоресцентные исследования 516 проб воды для определения биологических показателей активности (фито- и бактериопланктона) по концентрациям хлорофилла «а» и растворенного органического вещества. Основные гидрооптические показатели определены для 204 проб.

Для выявления взаимодействия и взаимовлияния показатели можно сгруппировать по основным характеристикам как окружающей среды (абиотические показатели), самого водного объекта (гидрохимические показатели), так и присутствующей там биоты (фито и бактериопланктон). Абиотические характеристики экологической системы представлены температурой приземного слоя воздуха (T_A) в районе п. Балахта, температурой воды (T_w), ее уровнем (L_{av}) в приплотинном плесе водохранилища и расходом (VVFL) через плотину ГЭС по материалам наблюдений Территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС (ТЦМП). Гидрохимические характеристики состояния водоема включают концентрацию растворенного кислорода, насыщение воды кислородом (O_2 %), концентрации водородных ионов (pH), минерализацию воды, содержание взвеси (M) и растворенного органического вещества (DOM). Бактериальное население водохранилища представлено общей численностью бактерий (N_{BAC}) и отдельно – численностью кокков и палочек. Фитопланктонное сообщество характеризуется общей численностью и биомассой, численностью диатомовых (N_{DIA} , V_{DIA}), сине-зеленых (N_{CYA} , V_{CYA}), и зеленых (N_{CHL} , V_{CHL}) водорослей, первичной продукцией фитопланктона (P), деструкцией (R), удельной продукцией (P/V), объемом клетки фитопланктона (V_{cel}), сапробностью (S), индексом Шенона (Hb) по биомассе фитопланктона.

Собранные данные имеют пространственно распределенный характер и выраженную временную привязку, как в части взятия проб, так и в части их исследования. Каждая из проб характеризуется геолокацией станции, датой взятия пробы и предполагаемым методом исследования, который определяет условия хранения материала и набор (перечень) получаемых показателей.

Концептуальная модель сбора экспедиционных данных

Основным средством моделирования предметной области на концептуальном уровне является ER-модель – «сущность-связь». Сущность обозначает класс объектов реального мира, которые необходимо учесть в модели. В нотации Питера-Чена [2] сущность обозначается прямоугольником и обязательно имеет наименование. В моделируемом процессе сущность имеет экземпляры, отличающиеся друг от друга значением атрибутов и имеющие (допускающие) однозначную идентификацию. Множество связей (отношений) между сущностями изображается в виде ромбов. Атрибут – это свойство сущности, в диаграмме обозначается овалом и может быть связан только с одной сущностью или связью.

Основной сущностью концептуальной модели экспедиционных наблюдений является водный объект – основное русло и заливы Красноярского водохранилища (рис. 1). Водные объекты характеризуются удаленностью от плотины, береговой ориентацией, площадью водного зеркала, скоростью течения, глубиной и протяженностью (для

заливов). В каждом водном объекте находятся не менее одной станции отбора проб, которые имеют идентификационный номер, наименование и геолокацию. Кроме того каждая станция имеет определенное местоположение относительно водного объекта – глубь, середина (центр), выход. Причем положение относительно разных водных объектов может различаться. В ходе экспедиционных работ, начиная с 2000 года и до настоящего времени специалистами лаборатории Биологической спектродетекции (БСФМ) отбираются пробы воды для различных методов исследования: пробы для экспресс-анализа, пробы для микробиологического анализа, суточные пробы и пробы на биохимическое потребление кислорода. Каждый из методов исследования определяет условия отбора проб, порядок (процесс) изучения и набор получаемых показателей.

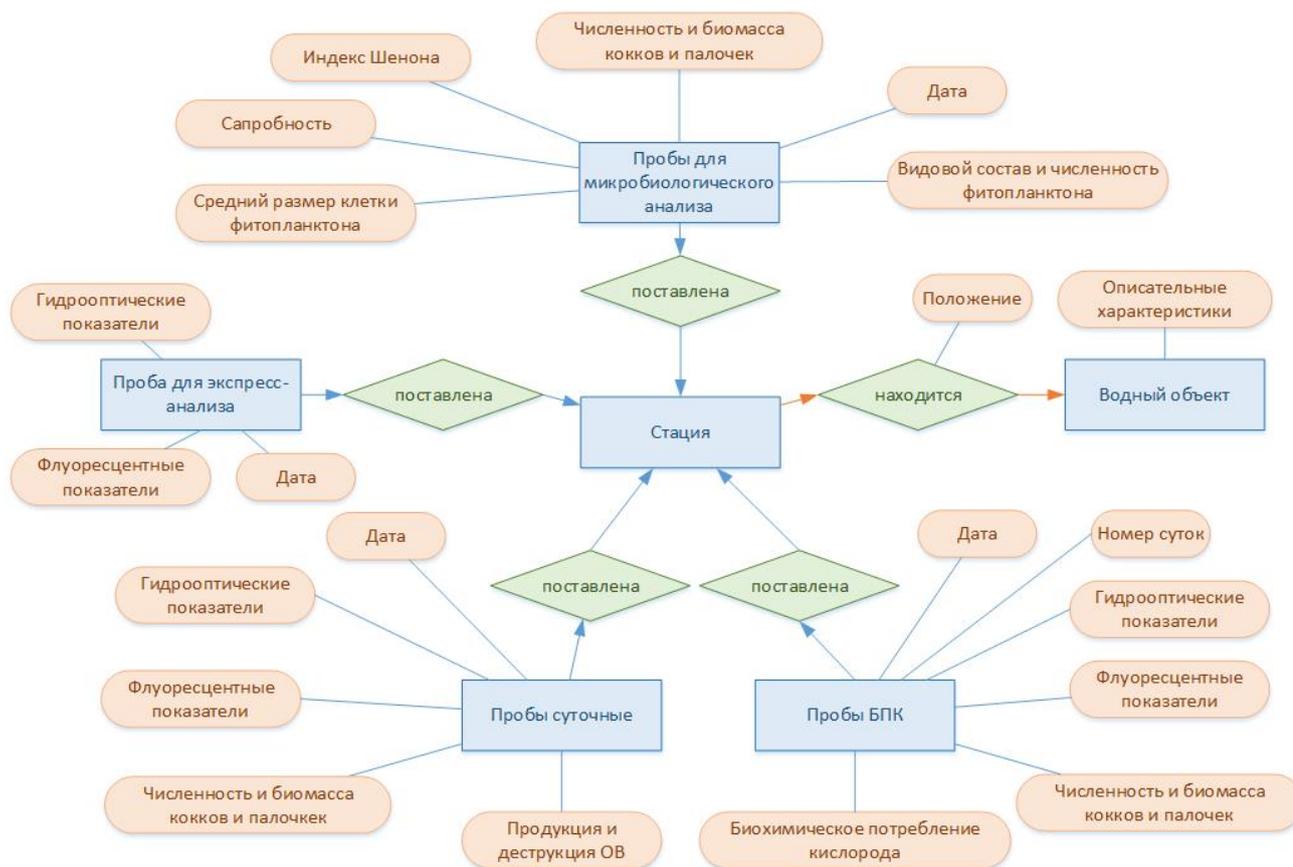


Рис. 1. Модель сбора экспедиционных данных о характеристиках функционирования Красноярского водохранилища

Экспресс-анализ подразумевает бесконтактные методы гидрооптического и флуоресцентного исследования. Полученные гидрооптические характеристики дают информацию как о гидрохимических показателях водной среды (содержание растворенного органического вещества, концентрации взвешенного неорганического вещества), так и о функциональных показателях биоты (концентрация хлорофилла и фотосинтетическая активность фитопланктона) [3].

Исследование проб для микробиологического анализа с помощью флуоресцентного микроскопа позволяет определить видовой состав альгоценоза и доли каждого вида водорослей в общей биомассе. Пробы фитопланктона отбирали в подповерхностном слое батометром Рутнера. Водоросли осаждали на мембранные фильтры Владипор №9 (диаметр пор 0.90 мкм), фиксировали адаптированным к длительному хранению раствором Люголя. Численность бактерий оценивалась, используя эпифлуоресцентный метод [4]. Биомассу бактериопланктона рассчитывали по среднему объему клеток, приравнивая их форму к близкой геометрической фигуре (кокки и палочки) [5].

Бактериальную продукцию и время генерации определяли методом изолированных проб при суточной экспозиции (*суточные пробы*) [6].

Определение БПК, или лабильного органического вещества проводили в 6-8 суточных экспериментах стандартным методом склянок в кислородной модификации в трех повторностях [7, 8]. *Пробы для определения БПК* фильтровали через газ для освобождения от зоопланктона. Количество растворенного органического вещества и контроль за концентрацией хлорофилла в ходе экспозиции проводили флуоресцентным методом на флуориметре ЛФл-И [3].

Выполненная систематизация показателей по методам исследования и построение концептуальной модели процесса сбора экспедиционных наблюдений позволяет перейти к проектированию реляционной схемы хранения данных.

Реляционная схема базы данных

На основании ER-диаграммы построена модель схемы базы данных в нотации IDEF1X (Integration DEFINition for Information Modeling) с учетом требований реляционного хранения данных.

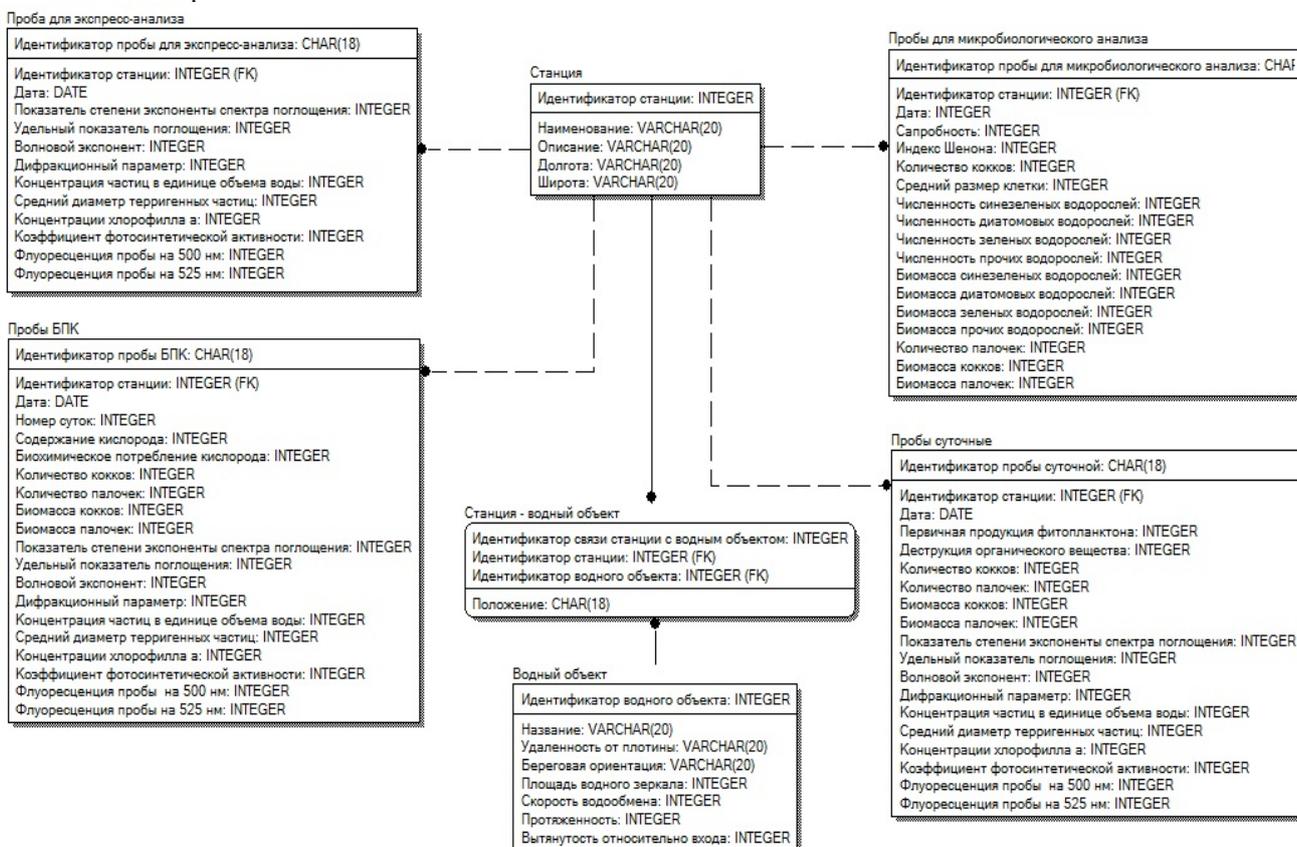


Рис. 2. Схема базы данных

Для каждой сущности ER-диаграммы в реляционной схеме созданы отдельные таблицы: «Водный объект», «Станция», «Пробы для экспресс-анализа», «Пробы БПК», «Пробы для микробиологического анализа» и «Пробы суточные». В таблицах созданы поля для хранения информации по каждому атрибуту и дополнены служебными полями: идентификаторами, наименованиями и др. Для каждого атрибута, на основании содержимого, определён тип данных. Некоторые атрибуты, предназначенные для хранения сложной информации, представлены несколькими полями для облегчения дальнейшего анализа, например, описательные характеристики для водных объектов. Связи между сущностями ER-диаграммы представлены в таблице в виде внешних ключей для одно-многочисленных отношений и в виде таблиц связи для много-многочисленных («Станция – Водный объект»). После загрузки данных и первичной обработки, планируется дальнейшее развитие реляционной схемы базы данных, в частности выявление

справочников и выделение общего объекта для проб, что облегчит совместный анализ данных, полученных в ходе различных типов исследований.

Заключение

Разработанные концептуальная и реляционная модели сбора экспедиционных данных о характеристиках функционирования Красноярского водохранилища лягут в основу базы данных и создадут предпосылки к интеграции накопленных гидробиологических показателей бактерио- и фитопланктона с иммуногематологическим статусом ихтиофауны как конечного звена трофической цепи водохранилища. Комплексный подход позволит оценить степень синхронности или корреляции изменений состояний всех звеньев водной экосистемы. Применение современных технологий и методов аналитической и гибридной обработки обеспечат возможность сравнения разнородных, на первый взгляд не связанных между собой данных о природных объектах для обнаружения новых свойств, связей и взаимоотношений между ними. В перспективе работа направлена на формирование технологических основ для создания аналитических методов оценки качества вод и последствий влияния абиотических и антропогенных факторов на функциональный потенциал Красноярского водохранилища.

Литература

1. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество воды / отв. за выпуск З.Г. Гольд. – Красноярск: Изд. Сибирского федерального ун-та, 2008. 538 с.
2. *Chen P.P.S.* Entity-relationship approach to information modeling and analysis: proceedings of the Second International Conference on Entity-Relationship Approach, Washington, DC, October 12-14, 1981. – North-Holland, 1983.
3. *Лопатин В.Н., Аюнасенко А.Д., Щур Л.А.* Биофизические основы оценки состояния водных экосистем (теория, аппаратура, методы, исследования). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 360 с.
4. *Поглазова М.Н., Мицкевич И.Н.* Применение флуорескамина для определения количества микроорганизмов в морской воде эпифлуоресцентным методом //Микробиология. 1984.Т. 53, Вып. 5. С. 850.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Отв. ред. *Ф.Д. Мордухай-Болтовской.* – М.: Наука, 1975. 240 с.
6. Продукционные исследования экосистем пресных вод / под ред. Г.Г. Винберга. – Минск: изд-во Белорус. ун-та, 1973. 207 с.
7. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
8. *Шишкина Л.А.* Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. 288 с.

Database development for hydrobiological facts about Krasnoyarsk reservoir

Polina Postnikova, PhD, scientific researcher, Institute of computational modeling SB RAS

Anna Korobko, PhD, scientific researcher, Institute of computational modeling SB RAS

Conceptual and relational schemes of data-base to store spatial temporal facts about Krasnoyarsk reservoir ecology are represented in the paper. Represented results allow to integrate collected data into informational space for inferring comprehensive analytical model of artificial reservoir behavior.

Keywords: database, comprehensive ecological monitoring, reservoir.