

УДК 551.331.8(477)

А. Н. Олиферов, А. В. Давыдов

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ГИС «РЕКИ КРЫМА»

Законом Украины «О концепции национальной программы информатизации» от 4 февраля 1998 г. большое значение придается информации в сфере защиты окружающей среды и рационального природопользования. Именно к этим разделам информации относится предлагаемая авторами геоинформационная система «Реки Крыма».

Гидрологический режим рек Крыма начал изучаться систематически с 1912 года, когда было открыто 4 водомерных поста, а с 1916 года начали исследовать сток воды на 120 реках и балках [1]. С 1945 г. на реках Крыма начались детальные гидрографические исследования. Позже начали изучать источники загрязнения рек. Кроме этих материалов, которые концентрируются в Крымском гидрометеорологическом центре, А.Н. Олиферовым проводились многолетние полевые исследования по гидрологической тематике. Это были исследования селевых потоков, исследования экологического состояния рек и воздействия на загрязнение рек рекреационных учреждений и туристских стоянок, изучение водных объектов на территории Ландшафтного государственного заказника «Байдарский» и Крымского природного заповедника.

Весь этот огромный фактический материал потребовал компьютерного обобщения, которое вылилось в создание геоинформационной системы «Реки Крыма». Технические способы упомянутой системы базируются на персональных компьютерах и на современных ЭВМ. Система построена согласно административному делению и физико-географическому районированию [3]. Эти два способа деления в нашем случае достаточно близки по охвату – это Крымский полуостров, а значит, Автономная республика Крым.

Информационные массивы, используемые для обработки на ЭВМ, представлены в виде базы данных (БД). В БД гидроинформационной системы хранится совокупность данных и отношений между ними. БД и ГИС можно представить как совокупность массивов информации. Однако, как отмечают А.И. Трофимов и М.В. Панасюк [13], в отличие от простой совокупности массивов, она должна удовлетворять двум простым принципам. Во-первых, хранение информации в ней централизовано, оно дает возможность сократить дублирование как данных, так и программ и обеспечить независимость данных, т.е. неизменяемость программ при увеличении объема данных. Это особенно важно для ГИС «Реки Крыма», т.е. даже при сокращении полевых гидрографических и

гидрологических исследований продолжают наблюдения на гидрологических постах Крымского центра по гидрометеорологии и объем БД будет продолжать расти. Во-вторых, БД предполагает использование языков, ориентированных на операции хранения данных.

При организации БД ГИС «Реки Крыма» мы старались придерживаться общих требований к эффективности БД [3; 4; 5]. К ним относятся: возможность будущего наращивания прикладных программ; различное использование одних и тех же данных разными потребителями; простота, легкость и гибкость использования; простота внесения изменений; производительность; защита от искажения и уничтожения.

Как известно, различают логический и физический аспект БД. Если логический уровень связан с представлением о данных пользователей БД, то физический связан с тем, что они действительно хранятся в среде хранения (ЭВМ). В соответствии с этим определяется логическая структура БД и ее физическая структура. Естественно, что между ними могут быть существенные различия, т.к. пользователи могут иметь представление об организации БД, отличное от реального представления в памяти ЭВМ. Преобразование логических представлений в физические осуществляется программным обеспечением ГИС.

В соответствии с этим положением, разработки логической структуры БД ГИС «Реки Крыма» осуществил гидролог А.Н. Олиферов, который определил данные и отношения в БД. Разработку физической структуры БД произвел программист А.В. Давыдов, который рассмотрел вопрос о том, как все организовать в памяти ЭВМ [8; 9].

Рассмотрим более подробно организацию БД ГИС «Реки Крыма» и ее программное обеспечение. Содержание БД открывается алфавитным списком всех рек Крыма. Список составлен на основании «Алфавитного списка рек и водохранилищ», опубликованного в «Основных гидрологических характеристиках» [11] и насчитывающего 152 названия водных объектов. Этот список был дополнен данными, помещенными в книге «Словник гідронімів України», где описаны 256 водных объектов Крыма. По этому списку можно вызвать из БД данные по любой реке.

В БД заложены гидрографические данные по каждой реке, которые включают следующие сведения: длина реки, уклон реки, площадь водосбора, средняя высота водосбора, лесистость бассейна.

Прежде чем перейти к разделу БД, связанному с гидрологическими особенностями рек, в этот раздел БД был внесен список пунктов гидрологических наблюдений, который включал следующие графы: река – пункт, расстояние от истока реки, период наблюдений.

Далее в БД были заложены результаты многолетних гидрологических наблюдений. Эти данные были заимствованы из «Основных гидрологических характеристик», которые изданы в четырех томах (период с 1914 г. по 1962 г., период с 1963 г. по 1970 г., период с 1971 г. по 1975 г., период с 1976 г. по 1980 г.). Сведения на более поздний период взяты из гидрологических ежегодников. За

последние 5 лет гидрологические данные выбирались из рукописных таблиц, имеющихся в Крымском центре по гидрометеорологии.

Из гидрологических характеристик в БД были в первую очередь занесены сведения о характерных уровнях воды рек (в см над нулем графика). Сюда относятся сведения о среднем, высшем и низшем уровнях за год, приводится годовая амплитуда колебаний уровня, отмечается средняя, ранняя и поздняя даты наступления характерных уровней.

Следующий файл посвящен средним месячным расходам воды и среднему годовому расходу, причем последний представлен не только в $\text{м}^3/\text{с}$, но и в виде модуля стока ($\text{л}/\text{с} - \text{км}^2$) и слоя стока (мм). Вводятся характерные расходы воды (наибольший, наименьший) и расходы различной обеспеченности.

Очередной раздел БД посвящен паводкам. Первоначально в ЭВМ введены сведения об единичных наибольших паводках в теплый период года. Сведения включают: наибольший расход и дату, продолжительность паводка (подъема, спада, общая), объем и слой стока за паводок, коэффициент несимметричности паводка. Аналогичные сведения приведены и по единичным наибольшим паводкам в холодный период года.

Далее в БД введен файл, дающий сведения о пересыхании рек. Сведения включают следующие данные: годы, в которые наблюдалось пересыхание, даты начала и окончания пересыхания, продолжительность пересыхания в днях.

Учитывая значительную роль температуры воды при использовании ее для питья людей и животных, авторами в БД был введен специальный раздел, посвященный температуре воды рек. Приведены сведения о величине и дате средних декадных и средних месячных температурах воды.

Ледовые явления на крымских реках не очень значительны, однако мы посчитали необходимым внести в базу данных сведения о ледовых явлениях – дату и число дней, а также число дней с ледоставом, дату его начала и окончания. Кроме того, приводятся сведения о толщине льда на реках.

Отдельно характеризуются расходы и сток взвешенных наносов. Здесь приводятся средние расходы наносов ($\text{кг}/\text{с}$), годовой сток наносов как в тыс.т, так и в $\text{т}/\text{км}^2$, отмечается наибольший среднесуточный расход наносов ($\text{кг}/\text{с}$) и наибольшая мутность воды.

Кроме того, указывается число дней в году с мутностью более определенных величин (от 50 до $10000 \text{ г}/\text{м}^3$).

Последней гидрологической характеристикой, введенной в БД, является химический состав воды рек в основные фазы их режима (преимущественно летне-осенний межень, зимне-весенние и летние паводки). Приводится содержание ионов, фосфаты, кремний, железо общее, жесткость, окисляемость.

Анализы воды за последнее время с 1991 по 1999 гг. получены в гидрохимической лаборатории Крымского центра по гидрометеорологии.

С экологической точки зрения важным показателем являются источники загрязнения [12]. А.И.Львович [5] справедливо отмечает, что обычно источниками загрязнения рек считают сточные воды населенных пунктов и промышленных предприятий. В связи с этим водоохраные меры, как правило, ограничиваются их

очисткой. Вместе с тем имеются и другие источники загрязнения, без учета которых не может быть обеспечена эффективная охрана вод от загрязнения. Это, по А.И. Львовичу [5]:

1. Хозяйственно-бытовые сточные воды городов и поселков со слабо развитой промышленностью, а также сельских населенных мест;
2. Смешанные сточные воды большинства населенных мест городского типа, в которых, кроме хозяйственно-бытовых сточных вод, значительный удельный вес (до 40-50%) составляют стоки промышленных предприятий;
3. Сточные воды промышленных предприятий, в которых хозяйственно-бытовые сточные воды полностью отсутствуют либо их объем незначителен;
4. Условно чистые воды промышленных предприятий;
5. Нагретые воды от охлаждения различных агрегатов тепловых электростанций и промышленных предприятий;
6. Стоки крупных животноводческих комплексов по производству свинины, говядины, молока;
7. Дренажные и сбросовые воды с орошаемых земель;
8. Поверхностный сток (ливневые и снеговые воды) с территории населенных мест, промышленных предприятий и животноводческих ферм, с полей, обработанных пестицидами, с полей, на которые вносились минеральные удобрения, с эродированных земель (твердый сток);
9. Радиоактивное загрязнение.

Некоторые пункты этой классификации А.И.Львовича [5] были в значительной степени переработаны и конкретизированы с учетом наших гидрографических обследований и «Каталога потенциальных источников загрязнения подземных вод», составленных Крымской гидрогеологической экспедицией (авторы Н.Н.Капинос и др.).

В частности, в БД заносились:

- площади, обрабатываемые ядохимикатами в бассейнах реки; места сброса сточных вод в поверхностные водоемы; растворные узлы по приготовлению смеси ядохимикатов; свалки бытовых отходов; поля фильтрации хозяйственно-бытовых стоков; поля фильтрации промышленных стоков; пруды-накопители промышленных стоков; скотомогильники; склады стоков животноводческих комплексов; очистные сооружения; посадочные площадки сельскохозяйственной авиации; склады горюче-смазочных материалов; склады ядохимикатов; склады совмещенные – ядохимикатов и минеральных удобрений; склады минеральных удобрений.

Источники загрязнений зафиксированы на площади всех речных бассейнов. Они могут быть вызваны на дисплей, как и остальные файлы, после вызова названия реки. В файл источников загрязнения занесены, кроме типа, еще и местоположения источника в бассейне реки, название населенного пункта, предприятий, а также режим его работы.

Далее в БД занесен файл, характеризующий фактическую удельную нагрузку на речной бассейн (тыс. чел. на 1 м^3 речного стока), выраженную в виде коэффициента $V = a/h$, где h – численность населения, проживающего в бассейне

реки до расчетного створа, Q – норма годового стока реки в расчетном створе. Для этих целей в Статуправлении Крыма были получены сведения о количестве людей во всех населенных пунктах, входящих в бассейн реки до расчетного створа. Далее все данные суммировались; в результате определялась общая численность населения в бассейне каждой реки. Далее для расчета фактической удельной нагрузки определялась норма стока существующими гидрологическими методами [7].

Частное от деления количества населения в бассейне на норму стока реки и заносилось в БД.

Экологическое состояние рек определялось по данным З.В.Тимченко [12] и «Геологической экологии Украины» [15].

Заключительный файл в БД посвящен текстовым характеристикам – описанию рек, – которые были составлены в соответствии с описанием рек в «Географической энциклопедии Украины». Правда, там давались описания рек только длиной свыше 25 км, поэтому такие важные для Крыма реки, как Учан-Су, Дерекойка и многие другие, оказались упущены. Для БД ГИС «Реки Крыма» были описаны все реки, а не только протяженностью свыше 25 км. Определенным толчком к этой работе было составление статей в подготавливаемом к печати «Энциклопедическом словаре «Крым».

Описание рек производилось по следующему плану:

1. Название реки и ее местоположение.
2. Описание истока и устья реки.
3. Долина реки, ее тип и ширина. Характеристика поймы.
4. Русло реки, ее ширина, извилистость и состав русловых отложений и уклон. Глубина и скорость течений.
5. Основные притоки (левые и правые).
6. Существующие и закрытые водомерные посты. Срок наблюдений.
7. Питание реки. Водный режим (колебание уровней и стока).
8. Использование воды реки. Описание водохранилищ.
9. Наличие заповедных мест в бассейне реки.

Переходим к рассмотрению программного обеспечения ГИС «Реки Крыма». Программное обеспечение ГИС, как отмечает А.М. Трофимов [13], это целостная, расширяющаяся система программ (программных модулей), моделирующая функция ГИС. Известно, что модули однотипной функции объединяются в подсистемы. В частности, подсистема вывода состоит из программ вывода на экран дисплея, вывода на печатающее устройство, редактирования для вывода и т.д. Подсистемы, выполняющие конкретные функции, объединяются в общие подсистемы с различным целевым назначением. В ГИС подобными подсистемами является система управления базой данных (СУБД), выполняющая основные операции с данными в ГИС, и пакет прикладных программ, хранящий программы для математико-географического моделирования [8; 9].

СУБД – одна из основных общих подсистем программного обеспечения ГИС. Это комплекс программ, которые осуществляют введение базы данных, обеспечивают использование хранимых данных. По-другому ее можно определить

как программу, которая управляет доступом в БД. СУБД и обеспечивает выполнение ряда отдельных операций по обработке данных для программ пользователей.

При создании СУБД мы старались выполнить требование, выдвинутое в работе А.М.Трофимова и М.В.Панасюк [13], а именно: СУБД должно обеспечивать удобный и эффективный режим общения географа с ГИС. Для автоматической системы наиболее применимым режимом является диалоговый. При работе в этом режиме географ, находясь у устройства ввода – вывода, не отделяется от процесса выполнения операций ГИС, что дает возможность оперативной работы.

Переходя к конкретной ГИС «Реки Крыма», укажем, что для организации этой системы, а также базы данных (БД) была создана специальная система управления базой данных (СУБД), которая названа «Диалог».

В нашем случае СУБД представлена в виде набора меню, связанных по древовидной структуре.

СУБД «Диалог» позволяет:

- организовать новую БД или ГИС, определяя их структуру;
- редактировать существующую БД или ГИС;
- проводить обработку данных пакетами прикладных программ (ППП), а также получать доступ к БД программ по набору ключей или в диалоговом режиме, синтезировать задачу из типовых программных блоков.

Один из приемов, используемых при создании СУБД, – это нормализация отношений. В процессе нормализации выделяются первичные ключи и зависящие от них наборы ключей-атрибутов. По первичным ключам осуществляется связь в разных файлах.

Другой важной составной частью программного обеспечения является хранящийся в ГИС пакет прикладных программ. Структуру ППП А.М. Трофимов и М.В. Панасюк [13] представляют следующим образом. В основе его на нижнем уровне находится совокупность стандартных подпрограмм. Стандартные подпрограммы обеспечивают выполнение некоторых общих операций, но в основном они предназначаются для построения стандартных программ математико-географического моделирования.

При создании ГИС «Реки Крыма» под управлением СУБД были задействованы системы программных модулей, вывод которых происходит под управлением справочного файла, который содержит информацию о структуре БД, количестве и содержании всех меню, типах и шаблонах записи данных, а также их связях.

Заполнение каждого элемента производится по шаблону, что еще увеличивает информационную емкость справочного файла. Связь между файлами гидрологических данных выполняется по первичным ключам каталожного файла.

При выборе ветви «Редактирование существующей БД или ГИС» в диалоговом режиме возможно осуществление следующих типичных операций:

1. Первичная загрузка БД.
2. Последовательный просмотр всех сегментов БД.
3. Чтение по полному набору ключей.
4. Чтение по определенному набору ключей.

5. Чтение сегментов определенного типа.

6. Включение новых сегментов, динамическое изменение работы БД.

7. Удаление или замена сегментов.

При выборе ветви «Работа с БД» СУБД предлагает меню ППП или возможность синтезировать программу из типовых блоков.

Пакет по численному анализу рядов включает темы программы:

- статистический анализ и подготовка;
- корреляционный анализ;
- регрессивный анализ.

ГИС «Реки Крыма» задействует и графические модули оформления меню. Используются различные графические возможности, такие, как различный режим построения изображения, набор заполнителей, использование набора программно сконструированных условных знаков, использование «окон» для ввода пояснений или дополнительных вопросов, что делает общение с ГИС «Реки Крыма» наглядным и легкодоступным для восприятия.

ГИС «Реки Крыма» была доложена на VII съезде Украинского географического общества (1995г.) и на учебно-методической и научной конференции профессорско-преподавательского коллектива ЮУК при СГУ, тезисы этих докладов опубликованы.

ГИС «Реки Крыма» применяется в Крымском управлении геодезии, картографии и геоинформационных систем и в ассоциации «Экология и мир для работы независимой экспертизы».

Работы по дополнению и совершенствованию данных продолжают по мере получения нового фактического материала. В частности, за последние годы в Крыму прошли селевые паводки, сопровождающиеся большими разрушениями (г. Алушта) и даже человеческими жертвами (с. Ворон). В настоящее время продолжается разработка файла «Селевые паводки». После завершения очередного этапа формирования базы данных ГИС «Реки Крыма» предполагается передать ее Госкомприроды Крыма.

Список литературы

1. Аполлосов В.М. Воды Крыма. Рабочая книга по Крымоведению. Кн. 1: Естествознание.– Симферополь: Крымгосиздат, 1927.– 185 с.
2. Кошкарёв А.В., Каракин В.П. Региональные информационные системы.– М.: Наука, 1987.– 126 с.
3. Линник В.Г. Физическая география и геоинформационные системы // Совр. проблемы физ. геогр.– М.: МГУ, 1989.– С. 83-92.
4. Линник В.Г. Построение геоинформационных систем в физической географии.– М.: МГУ, 1990.– 80 с.
5. Львович А.И. Защита вод от загрязнения.– Л.: Гидрометеиздат, 1997.– 168 с.
6. Мороков В.В. Природно-экологические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения.– Л.: Гидрометеиздат, 1987.– 286 с.
7. Олиферов А.Н., Давыдов А.В. Географическая информационная система «Сели Украины» // Матер. междунар. симпозиума «Проблемы экоинформатики».– М., 1992.– С. 110.
8. Олиферов А.Н., Давыдов А.В. Геоинформационная система «Сели Украины» и меры борьбы с ними // Инженерная география: Тез. докл. междунар. конф.– Вологда, 1972.– С. 78-79.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ
ДАННЫХ ГИС «РЕКИ КРЫМА»**

9. Олиферов А.Н., Давыдов А.В. Информационная поисковая компьютерная система «Реки Крыма» // Учебно-методическая и научная конференция проф.-преп. состава Южно-Украинского Колледжа.– Симферополь: ЮУК, 1994.– С. 35.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики.– Л.: Гидрометеиздат, 1964.– Т. 6: Украина и Молдавия.– Вып. 4: Крым.– 240 с.
11. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: Технология и приложения.– Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
12. Тимченко З.В. Анализ экологического состояния рек северо-восточных склонов Крымских гор. // Строительство и техногенная безопасность: Сб. научн. трудов КИПКС.– Симферополь: Таврия, 1998.– С. 59-66.
13. Трофимов А.М., Панасюк М.В. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей среды.– Казань: КГУ, 1984.– 147 с.
14. Фильчагов Л.П., Полищук В.В. Возрождение малых рек.– К.: Урожай, 1989.– 181 с.
15. Экологическая геология Украины: Справочное пособие.– Киев: Наукова думка, 1993.– 403 с.

Поступила в редакцию 4.01.02 г.