

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

М.А.Минкин, А.А. Александров, В.А.Крутикова, Э.А.Маров, А.Ю.Шаталов

*Государственный проектно-изыскательский институт „Фундаментпроект“,  
125843, Москва, Волоколамское шоссе, 1, Россия*

Рассмотрены основные принципы построения баз геокриологических данных реляционной структуры и автоматизированной системы GEOBANK, предназначенных для хранения и обработки геокриологической информации в системах автоматизированного проектирования.

Показаны возможности использования GEOBANKа для разделения толщи грунтов на инженерно-геокриологические элементы и построения инженерно-геокриологических разрезов.

*Геокриологическая информация, база данных, автоматизация, инженерно-геокриологические элементы, инженерно-геокриологические разрезы*

### EXPERIENCE OF ELABORATION AND USE OF GEOCRYOLOGICAL DATA BASE IN COMPUTERIZED DESIGN SYSTEMS

M.A. Minkin, A.A. Alexandrov, V.A. Krutikova, E.A. Marov, A.Yu. Shatalov.

*State Design-research Institute Fundamentproject, 1, 125843, Moscow, Volocolamskoye shosse 1, Russia*

The basic principles of creation geocryological relational data base and computerized GEOBANK system, which is destined for storage and manipulation of geocryological information in the computerized design systems have been considered.

The possibilities of GEOBANK use for separation a ground mass into the engineering-geocryological elements and for making geocryological cross sections have been shown.

*Geocryological information, data base, computerizing, engineering-geocryological elements, engineering-geocryological cross sections.*

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее эффективных путей практического использования баз геокриологических данных является их применение в системах автоматизированного проектирования и обработки материалов инженерных изысканий.

В этом случае, наряду с уменьшением трудоемкости процесса накопления данных и обеспечения их сохранности, появляется возможность автоматизации многоплановой обработки геокриологической информации, построения графических моделей в виде карт и разрезов, решения прогнозных задач, расчетов взаимодействия сооружений с грунтами оснований, разработки отчетной документации.

Использование компьютерных технологий для накопления, хранения и обработки геологической и геокриологической информации началось в 70-х гг. На первом этапе преобладал подход, при котором для решения конкретной прикладной задачи создавались свои массивы информации. Скоро стало очевидно, что такой подход не дает необходимого практического эффекта: не повышает качества проектно-изыска-

тельской продукции и не снижает трудоемкости ее выполнения.

Поэтому, начиная с середины 80-х гг., ведутся исследования по созданию автоматизированных систем, ориентированных на их комплексное использование в сфере инженерно-геологических изысканий и проектирования [Айдагулов и др., 1987; Борейко и др., 1983; Гудзенчук, 1982; Курочкин, Минкин, 1989; Минкин, 1985; Рац, 1988; Экзарян, 1983].

В настоящей статье рассматривается многолетний опыт института Фундаментпроект по созданию электронных баз геокриологических данных и их использования в системах автоматизированного проектирования.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Существенной особенностью геокриологической информации является то, что она получается в результате сложного комплекса работ, включающего маршрутные наблюдения, горно-буровые и геофизические работы, лабораторные и

полевые исследования состава, физико-механических и химических свойств грунта, льда и воды, опытные работы, стационарные наблюдения и т.д.

Необходимость совместной обработки и взаимоувязки разнообразных данных для получения полной характеристики инженерно-геокриологических условий проектируемых объектов привели к централизованному подходу в организации массивов информации, сформировавшемуся в концепцию банков данных (БнД). БнД представляют собой систему специальным образом организованных баз данных (БД) и систему управления базами данных (СУБД).

Существуют БД сетевой, иерархической и реляционной структуры. Первые две структуры имеют общий формализм представления в виде графов и рассчитаны на бинарные отношения элементов. Третья, реляционная, структура использует теоретико-множественный аппарат математических отношений [Горбатов и др., 1984]. В рамках этой структуры представление данных имеет табличную форму, а их обработка и получение результатов сводится к манипулированию строками и столбцами таблиц.

Среди СУБД наиболее распространенными системами являются dBASE, Paradox, FoxPro, Clarion, Oracle.

Нами при разработке БнД была выбрана реляционная структура баз данных, как наиболее совершенная, а в качестве СУБД — Clarion 2.1, позволяющая как управлять базами данных,

так и проектировать ехе-файлы, управляющие базами данных вне среды Clarion, в условиях их развития и изменений структуры. Основными принципами построения БД были приняты следующие: единая структура хранения информации по всем видам работ; возможность поиска и выбора данных по любому хранимому свойству; совместная обработка данных в пакетном или диалоговом режиме; совместимость с прикладными программами и системами автоматизированного проектирования.

Разработанная система, получившая название GEOBANK, может быть использована для хранения и обработки не только геокриологической информации, но и любых других данных о природных условиях (геологических, геофизических, геохимических, экологических и т.д.). Система позволяет использовать информацию, подготовленную по другим стандартам и форматам представления данных (Basic, dBASE, FoxPro, Paradox), с помощью специального интерфейса, а также использовать свою информацию в системах управления базами данных, написанных по другим стандартам и форматам, с применением встроенного конвертора данных. Система также открыта для включения любых модулей в виде ехе-файлов, реализующих функции, потребность в которых возникает в ходе эксплуатации.

Структурная схема баз данных (рис. 1), реализуемая системой GEOBANK, включает: название объекта или территории исследований, их



Рис. 1. Структурная схема баз данных.

местонахождение и общую характеристику, владельца информации, виды и даты исследований, геокриологические данные, сгруппированные в таблицы, и обобщенные показатели свойств, полученные в результате статистической обработки по группам данных.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ГЕОВАНК

Ядром ГЕОВАНК'а являются: базы данных, находящиеся на любых носителях информации, доступных процессору РС; программный комплекс из ехе-файлов, разработанный с помощью СУБД Clarion 2.1, и служащий для управления базами данных; расширение AutoCAD, включающее ехе-файлы, файлы прототипов, файлы штриховок и блоков, обеспечивающих графические функции системы.

Геокриологические данные находятся в соответствующих поддиректориях ГЕОВАНК'а: GEONSI — нормативно-справочная информация (НСИ) и GEODAN — геокриологические данные. НСИ содержит классификаторы описательной геокриологической информации и является единой для всех баз данных системы. Практически любое изменение в нормативно-справочной информации отдельных БД может быть обнаружено и либо исправлено, либо другие БД приводятся в соответствие с произведенными изменениями.

Программный комплекс ГЕОВАНК'а включает следующие функциональные блоки:

- *ввод данных*, осуществляемый в виде построчных значений или значений, сгруппированных в любые таблицы по желанию пользователей;

- *контроль состояния БД*, синтаксический, проводимый при вводе, а также смысловой, выполняемый пообъектно с использованием зависимостей, существующих между отдельными свойствами;

- *архивная система*, позволяющая архивировать любое количество информации, неиспользуемой длительный срок, и подключающая эту информацию к любой БД для оперативного использования;

- *информационно-справочная система*, помогающая пользователю просматривать БД и распечатывать имеющуюся в них информацию;

- *система выделения* и редактирования выделенных инженерно-геокриологических элементов (ИГЭ);

- *система анализа ИГЭ*;

- *запросная система* в отладочном и экспресс-режиме, позволяющая выбрать данные по любому количеству условий для свойств БД;

- *статистическая обработка данных*;

- *выдача результатов*, осуществляемая в виде таблиц данных, чертежей колонок скважин

и точек зондирования, инженерно-геокриологических разрезов, планов расположения объектов и сооружений, различных графиков и т.д.

Система ГЕОВАНК работает в DOS версии 6.22 и выше на РС не ниже 386, требует не менее 560 Кб оперативной памяти. На жестком диске она занимает 25 Мб памяти. Для 100 тыс. данных требуется не более 25 Мб.

Средняя скорость обработки данных (запрос, выделение ИГЭ, статистическая обработка, контроль) — 30 сек. на 100 тыс. данных. Скорость обработки данных на самом узком участке системы 100 сек. на 100 тыс. данных.

### ВЫДЕЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ

Одним из основных направлений работы с БД в системах автоматизированного проектирования является выделение ИГЭ и построение разрезов. Рассмотрим это направление с точки зрения создания и движения информации.

В БД может быть введена любая информация по объекту проектирования или группе объектов. Для выделения ИГЭ и построения разрезов используются данные по скважинам, точкам зондирования либо другим точкам наблюдения (ТН), сведенные в любые функциональные таблицы. В нашем случае было удобно вводить данные в БД в виде следующих таблиц: (см. таблицу):

- общее описание ТН (таблица 101);
- описание разреза скважин (таблица 110);
- результаты лабораторных определений состава и физико-механических свойств грунтов (таблица 202);
- результаты статического зондирования грунтов (таблица 352).

Свойства могут иметь значения четырех видов: целые, вещественные, текстовые и даты (вводятся по шаблону). Данные всех видов значений вводятся в свободном текстовом формате с проверкой соответствия заданному в классификаторе свойств виду значений. Если таблица содержит общие характеристики ТН, то одной ТН соответствует один документ ввода (одна таблица значений).

Если таблица свойств содержит характеристики ТН на различных глубинах, то одной ТН соответствует столько таблиц значений, сколько слоев выделено в данной ТН. Слой — это пара глубин, определяющих верх (кровлю) и низ (подолу), между которыми определены значения свойств. Внутри каждого слоя данные проверяются на существующие между ними зависимости. По результатам контроля представляется возможность либо автоматического исправления ошибок, либо корректировка данных самим пользователем.

Примеры входных документов по точкам наблюдений

Общее описание точки наблюдения					Описание разреза скважины				
Ввод данных по точкам в таблице					Ввод данных по точкам в таблице				
Документ может быть изменен					Документ может быть изменен				
Объект 77	Директория 80		Таблица 101		Объект 77	Директория 80		Таблица 110	
№ точки 611	Вид точки Скв и-г				№ точки 611	Вид точки Скв и-г Верх/Низ		9,50	11,80
Свойство 1	3	Дата	д	1997.11.09	Свойство 1	46	Возраст грунта	т	Q3(1)
Свойство 2	7	Глубина выработки, м	в	15.0	Свойство 2	47	Генезис грунта	т	мор-пр.мор
Свойство 3	16	Пр/от макс.глубина, м	в	1.1	Свойство 3	48	Тип грунта	т	песок пылв.
Свойство 4	18	Гл.кровли в/мерзлых грунтов, м	в	1.1	Свойство 4	49	Вид грунта	т	
Свойство 5	20	Тем-ра, 10 м, град.	в	-0.5	Свойство 5	50	Цвет грунта	т	серый
Свойство 6	23	Гл.появ.уровня подземн. вод, м	в		Свойство 6	58	Примеси, включения	т	ожелезнен
Свойство 7	24	Гл.уст.уровня подземных вод, м	в		Свойство 7	59	Вид примесей, включений	т	
Свойство 8	32	Гл.кровл.перелетка, м	в		Свойство 8	60	Прослой, линзы, гнезда	т	суглинки
Свойство 9	33	Гл.подош.перелетка, м	в		Свойство 9	61	Толщина прослоев, см	в	5
Свойство 10	34	Геокриологический тип	т	сливающ.	Свойство 10	68	Состояние	т	вечномерзл
Свойство 11	35	Георазрез стс/смс	т	суглинки	Свойство 11	69	Хар-ка состояния	т	
Свойство 12	36	Георазрез вмг/тг	т	песч-глин	Свойство 12	70	Криотекстура	т	массивная
Свойство 13	38	Гл.под.в/мерзлых грунтов, м	в		Свойство 13	71	Размеры шпиров льда, см	в	
Свойство 14	1470	Экзогенные геопроцессы	т	сезонн.пуч.	Свойство 14	72	Расстояние меж- ду шпирами, см	в	
Свойство 15	1502	Формы рельефа	т	мелкопочкв.	Свойство 15	73	Льдистость измер. д.е.	в	

Результаты лабораторных определений состава и свойств грунтов					Результаты статического зондирования грунтов				
Ввод данных по точкам в таблице					Ввод данных по точкам в таблице				
Документ может быть изменен					Документ может быть изменен				
Объект 77	Директория 80		Таблица 202		Объект 77	Директория 80		Таблица 352	
№ точки 611	Вид точки Скв и-г Верх-Низ				№ точки 611	Вид точки Скв и-г Верх/Низ		1.60	4.20
Свойство 1	211	10-2 мм. Суммарн.	ц		Свойство 1	48	Тип грунта	т	суглинки
Свойство 2	212	зерн.состав. % 2-0.05 мм. Суммарн.	ц	84	Свойство 2	49	Вид грунта	т	
Свойство 3	214	зерн.состав. % 0.05-0.005 мм. Суммар. зерн.	ц	15	Свойство 3	68	Состояние	т	талое
Свойство 4	215	состав. % <0.005 мм. Суммарн.	ц	1	Свойство 4	69	Хар-ка состояния	т	тугопласт
Свойство 5	255	зерн. состав. % W(L) %	ц		Свойство 5	270	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	в	
Свойство 6	256	W(P) %	ц		Свойство 6	323	Модуль деформации, Е, Мпа	в	14.9
Свойство 7	257	J(P) %	ц		Свойство 7	331	Удельное сцепление С, Мпа	в	0.037
Свойство 8	259	W природная %	ц	16	Свойство 8	333	Угол внутреннего трения, град	ц	20
Свойство 9	260	W суммарная %	ц		Свойство 9	725	Сопр.норм.давлению, Мпа	в	2.1
Свойство 10	262	Степень влажности, д.е.	в		Свойство 10	726	Сопр. по бок. поверхн., Кпа	в	
Свойство 11	269	Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	в						
Свойство 12	270	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	в	2.01					
Свойство 13	271	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	в						
Свойство 14	272	Плотн. (сум) мерзл. грунта, г/см <sup>3</sup>	в						
Свойство 15	273	Плотн. (сум) сух. мерзл. грунт, г/см <sup>3</sup>	в						



После того, как данные по ТН введены, они записываются в основной файл, где каждое значение идентифицируется последовательностью ключевых полей, позволяющих мгновенно найти необходимую информацию как в виде одного значения, так и в виде массива значений. В эти ключевые поля входят следующие показатели: номер объекта, код директории (свертка кодов регионов и районов, которым принадлежит объект), номер таблицы, номер ТН, вид ТН, верх и низ слоя, номер свойства. Для выборки одного значения необходимо указать все ключи, для выборки массива значений — не менее одного ключа.

Выделение ИГЭ начинается с формирования перечня свойств, который задается пользователем. Этот перечень обычно включает такие свойства, как возраст, генезис, тип и вид грунта; состояние и характеристика состояния грунта; криотекстура и льдистость (для мерзлых грунтов) и ряд других. Так как перечни свойств для мерзлых и талых грунтов могут различаться, то выделение ИГЭ на всех глубинах ТН возможно как объединение (конкатенация) ИГЭ, выделенных отдельно для мерзлых и талых грунтов.

При выделении ИГЭ система формирует перечень тех слоев, в которых не хватает данных для выделения ИГЭ. Пользователю предоставляется возможность довести недостающие свойства, либо изменить перечень свойств для выделения ИГЭ. Можно также уменьшить или увеличить число диапазонов числовых свойств (например, льдистости), или скорректировать значения некоторых свойств при слишком частом переслаивании ИГЭ.

Выделенные ИГЭ могут быть отредактированы: удалены незначимые ИГЭ, перенумерованы оставшиеся в порядке, который привычен пользователю, объединены в едином перечне ИГЭ в талых и мерзлых грунтах.

Для каждого выделенного ИГЭ, в соответствии с ГОСТ 20522-96 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний» по всем числовым свойствам рассчитываются следующие статистические показатели: среднее (нормативное) значение; среднеквадратичное отклонение; коэффициент вариации; число значений; число грубых ошибок; точность оценки среднего (при доверительной вероятности 0,85 и 0,95); коэффициент надежности (при доверительной вероятности 0,85 и 0,95); расчетное значение (при доверительной вероятности 0,85 и 0,95).

Построение инженерно-геокриологических разрезов с использованием системы GEOBANK может выполняться в трех режимах: при выделенных ИГЭ во всех слоях ТН; при выделенных ИГЭ во всех слоях ТН, толщина которых больше 0,5 м; при отсутствии выделенных ИГЭ в ТН.

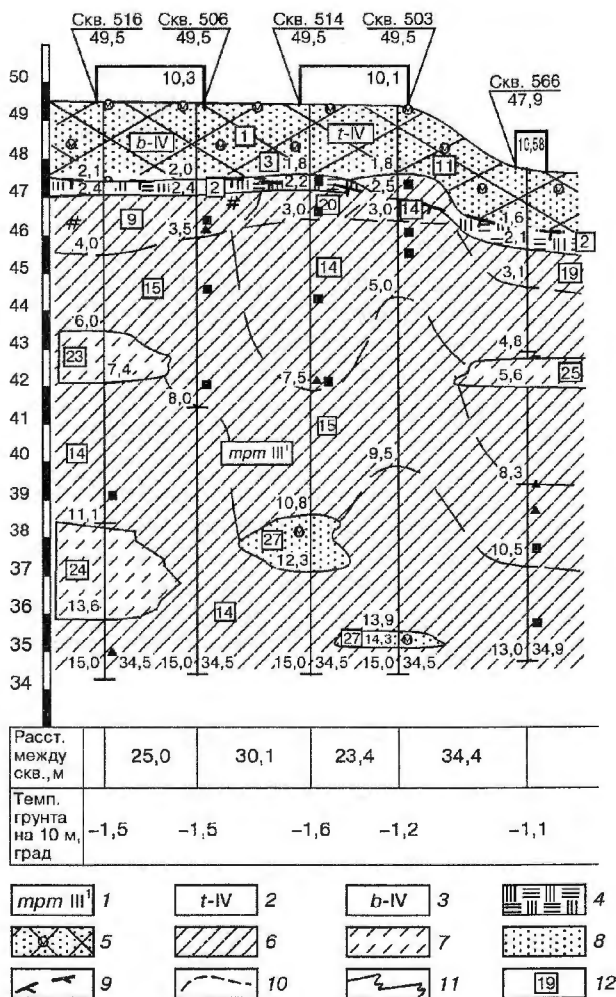


Рис. 2. Пример инженерно-геокриологического разреза, построенного системой GEOBANK.

Геолого-генетический комплекс: 1 — прибрежно-морские отложения V морской террасы; 2 — современные биогенные отложения; 3 — современные техногенные отложения. Литология: 4 — торф; 5 — насыпной грунт, песок мелкий; 6 — суглинок; 7 — супесь; 8 — песок мелкий. Границы: 9 — вечномерзлых грунтов (берг-штрих направлен в сторону ВМГ); 10 — инженерно-геокриологических элементов; 11 — типов грунтов. 12 — номер инженерно-геокриологического элемента.

Разрезы нумеруются числами, соответствующими плану объекта и состоят из последовательности ТН с указанием сооружений (если таковые имеются) над ТН. Пользователю предоставляется возможность задать горизонтальный и вертикальный масштабы разреза.

После того, как масштаб выбран, подключается программа сценария построения разреза в AutoCAD'e (руссифицированная версия 12.0) и строится чертеж разреза.

На чертеже автоматически выполняются следующие работы: проводится линия поверх-

ности земли (интерполяция 4-го порядка); проводятся линии всех ТН с отметками относительных и абсолютных глубин слоев; указываются уровни появления и установления подземных вод; проводятся границы кровли и подошвы вечномерзлых грунтов (интерполяция 4-го порядка); отмечаются места отбора образцов; дается наименование ТН и ее абсолютная отметка; по каждому слою дается номер ИГЭ (при соответствующих режимах построения); по каждому слою дается номер штриховки грунта, по которому он выбирается из AutoCAD'a.

Редактирование разрезов производится в интерактивном режиме и сводится к следующим трем операциям: проведению границ между ИГЭ (или слоями, если ИГЭ не выделены); штриховке грунтов; «растаскиванию» текстовых и числовых полей, налезавших друг на друга в тонких слоях.

Оформление чертежа инженерно-геокриологического разреза удовлетворяет требованиям ГОСТ 21.302-96 Система проектной документации для строительства. Условные обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.

Пример инженерно-геокриологического разреза, построенного с использованием автоматизированной системы ГЕОБАНК, дается на рис. 2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизация накопления и обработки геокриологических данных, как показывает практический опыт института Фундаментпроект, существенно облегчает трудоемкость этих процессов и улучшает качество отчетной продукции инженерных изысканий. Кроме того, возмож-

ность многовариантного проектирования с использованием БД и доступа к постоянно обновляющейся геокриологической информации обеспечивает повышение уровня экономических, технических и природоохранных проектов и увеличение надежности эксплуатации сооружений.

## Литература

- Айдагулов Р.Р., Курочкин С.В., Хорев В.С. О возможности использования компьютерных банков для накопления опыта проектно-изыскательских работ // Современные проблемы инженерно-геологических и гидрогеологических исследований городов и городов-агломератов. М.; Наука, 1987, с. 307—308.
- Борейко Л.Г., Белявский Г.А., Смирнов Р.А. Автоматизация инженерных изысканий в строительстве. Киев, Будивельник, 1983, 74 с.
- Горбатов В.А., Павлов В.Г., Четвериков В.Н. Логическое управление информационными процессами. М., Энергоатомиздат, 1984, 212 с.
- Гудзенчук Е.В. Диалоговая система накопления и обработки материалов инженерно-геологических исследований // Бюлл. МОИП, отд. геол., 1982, с. 15-21.
- Курочкин С.В., Минкин М.А. Об одном подходе к разработке баз инженерно-геологических данных // Проблемы и перспективы математизации и компьютеризации геологии. М., Наука, 1989, с. 56—65.
- Минкин М.А. Основные принципы создания подсистемы САПР Банк инженерно-геологических данных // Экспресс-информация Минмонтажспецстроя СССР. сер.: Спец. строит. работы, вып. 12, 1985, с. 24—28.
- Рац М.В. Автоматизация проектно-изыскательских работ: состояние и перспективы // Проектирование и инженерные изыскания, 1988, № 1, с. 30—33.
- Экзарян В.И. Особенности разработки и структура автоматизированных информационно-поисковых систем в инженерной геологии // Изв. высших учебн. заведений, сер. геол. и разведка, 1983, № 3, с. 65—69.

Поступила в редакцию  
17 марта 1998 г.