

УДК 551.44.(447)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ – "ГИС-КАРСТ ГОРНОГО КРЫМА"

**Вахрушев Б.А., Пона В.В.**

*В статье рассматриваются теоретические аспекты создания локальной карстологической ГИС, на примере карста горного Крыма*

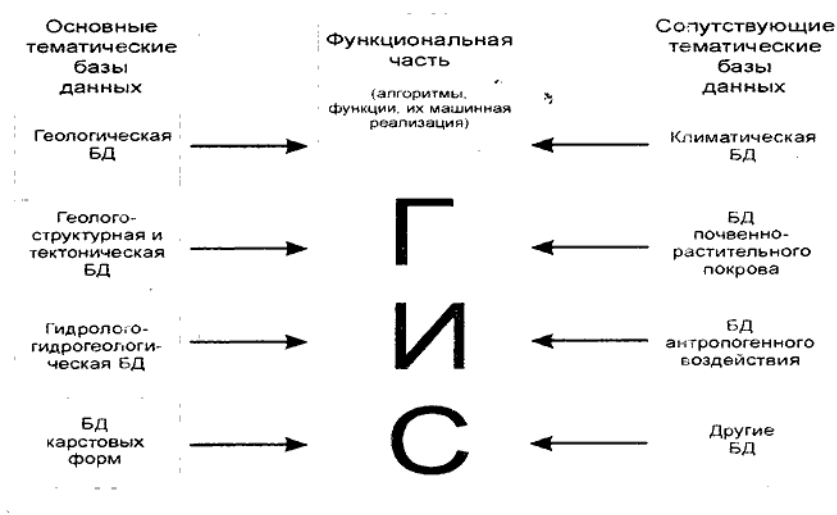
Ключевые слова: карст, геоинформационная система, базы данных

Геоинформационные системы с каждым годом приобретают все более важное значение для географической науки. Это объясняется простотой использования данных технологий и нарастающей многофункциональностью создаваемых систем.

Однако, с применением ГИС в географии связаны определенные проблемы. Основная проблема заключается в несоответствии цифровой информации реальному природному или экономико-географическому процессу. С географической точки зрения она решается путем выделения необходимых условий возникновения и развития процесса или явления. К сожалению, некоторые попытки произвести количественную оценку условий существования процесса не могут увенчаться успехом, в силу существования слишком большого количества численных показателей. Применение аппарата математической статистики, математического моделирования и численных методов не всегда дает желаемый и, тем более, однозначный результат. Универсальных методов не существует. Поэтому всегда следует помнить, что любая компьютерная модель процесса, лишь приблизительно отображает его суть, так как количественный анализ в большей степени представляет собой некий компромисс, с помощью которого исследователи пытаются выйти на привычную стезю субъективного описания. Имеется в виду построение различных балльных шкал, создание классификаций объектов по одному признаку (так называемые "генетические", "хронологические и другие классификации") или на основе десятичных шкал. В природе все обстоит гораздо сложнее, – любая классификация это только попытка упорядочения объективно существующих процессов и явлений. Вся сложность заключается в многовекторности географических зависимостей, в практическом отсутствии простых функциональных связей между происходящими процессами. Естественно, многие явления коррелируют между собой, но для отображения зависимостей, простого коэффициента парной корреляции, в современных исследованиях, уже недостаточно. Взаимосвязи в географии многомерны. Вычисление коэффициентов множественной корреляции усложняется с включением в исследование каждого нового признака. Практически, уже вычисление коэффициента корреляции между четырьмя признаками не представляется возможным без привлечения ЭВМ. Подобным образом дело обстоит, по существу, в любой области географической науки.

Применение же геоинформационных систем, позволяет избежать некоторых недостатков, ранее используемых количественных методов. Они, в частности, дают возможность значительно сэкономить время проведения исследований, позволяют избавиться от ошибок, связанных со сложными расчетами, а самое главное, – быстро и качественно визуализировать полученные результаты, воплотив их в тематическую географическую карту, график, или же представив цифровую информацию в виде результирующих таблиц.

Использование ГИС-систем в изучении карста, – дело относительно новое, хотя уже имеются некоторые наработки. Основным недостатком этих работ является использование стандартных "фабричных" ГИС, страдающих шаблонностью, так как при разработке первых систем, основной упор делался именно на модульность оболочки. Разумеется, эти ГИС позволяют производить весьма качественный материал, но стоит учитывать тот факт, что они не предназначены для изучения конкретной территории и конкретного процесса. На наш взгляд, для изучения карста Горного Крыма, должна быть построена закрытая ГИС-система, направленная на адекватное отображение карстового процесса и снабженная заранее определенным набором тематических баз данных и заранее определенной функциональностью. Состав ГИС-Карст представлен на рисунке 1.



### ГИС-Продукт

Рис.1. Схема "ГИС-Карст"

Основные составляющие – это тематическая и функциональная часть. Тематическую часть можно подразделить на основные тематические базы данных и сопутствующие. Для предлагаемой системы основными тематическими базами будут являться те данные, которые соответствуют цифровой проекции условий карстообразования, – то есть генетическим факторам. Сопутствующие базы данных отображают факторы, влияющие на протекание карстового процесса.

Функциональная основа представляет собой машинную реализацию модели процесса, со всеми алгоритмами и функциями. В функциональную часть также входит топографическая основа. Топооснова для ГИС-систем является важнейшей составляющей, на которую может накладываться любой изучаемый процесс или объект, и само существование ГИС обусловлено наличием топоосновы, как элемента создаваемого электронного географического пространства.

Для стандартных ГИС-оболочек, подбор и ввод тематических баз данных не является неразрешимой задачей. В них может быть введена любая информация. Такой задачей, однако, для них является придание системе необходимой функциональности. Функциональность должна быть уже и глубже той функциональности, которая предоставляется стандартными оболочками типа MapInfo, ArcInfo, ArcView и т.д.

Рассмотрим некоторые аспекты создания тематической основы "ГИС-Карст Горного Крыма". Как для любого из экзогенных процессов, для карста существуют необходимые условия его возникновения в случае, если они обладают категорией "достаточности". В связи с этим, методологической основой для разработки тематической базы "ГИС-Карст" являются представления Д.С. Соколова [7] о четырех основных условиях развития карста. Наличие: 1 – карстующихся пород, 2 – их водопроницаемости, 3 – движущихся вод, 4 – и их агрессивности по отношению к вмещающим породам. Являясь, по сути, абстрактными понятиями, основные условия объективизируются конкретными факторами природной среды. Однако, из всего многообразия факторов, представляющих то или иное условие, необходимо выделить ведущие или определяющие факторы, которые должны отвечать следующим требованиям: оцениваться количественными параметрами, учитывать основные свойства условия и выражаться на площади, то есть предоставлять возможность картографирования объектов [3].

Ведущие факторы, отражая пространственную и временную изменчивость карстовой среды, могут являться основой инженерно-геологических, гидрогеологических и других оценок и прогнозов [1,2]. В этом заключается возможность создания в функциональной части ГИС оценочно-прогнозного или управляющего блока.

Факторы, отражающие первое условие развития карста, – наличие растворимых пород, – объединяются в геологической базе данных: 1. Распространение карстующихся пород по площади и в разрезе. Основное внимание уделяется сочетаниям карстующихся и некарстующихся пород. В электронно-картографической части строятся геологические карты и разрезы; 2. Мощность карстующихся пород. От нее зависит развитие глубинного карста; 3.

дислоцированность и неотектонический режим карстовых массивов, которые определяют, при достаточной мощности известняков, размеры карстовых пещерных и гидрогеологических систем; 4. Литологические особенности карстующихся и некарстующихся пород развитых в регионе; 5. Химический состав горных пород. От чистоты известняков зависит степень их карстваемости, а от наличия некарстующихся пород, возможность поступления концентрированного поверхностного стока из области их развития. Создаются литологические карты и база данных химических анализов карстующихся пород.

Второе условие – наличие водопроницаемости карстующихся пород представлено геолого-структурной и тектонической базой данных. Сюда входят следующие факторы: 1. Условия залегания пород. При достаточных углах падения пород межпластовые трещины становятся водопоглощающими; 2. Тектоническая трещиноватость; 3. Литогенетическая трещиноватость и трещины коры выветривания; 4. Тектонические разрывы различного ранга. Строятся тектонические и геолого-структурные карты, локализованные диаграммы – розы трещиноватости и др.; 5. Типы карстовых коллекторов: поровый, трещинно-карстовый, карстовый и др.

Третье и четвертое условие, – наличие движущихся агрессивных вод, – объединяются в гидролого-гидрогеологическую базу данных: 1. Инфильтрационные воды; 2. Инфлюационные воды; 3. Конденсация в карстовых и трещинно-карстовых коллекторах; 4. Гидрологические данные, характеризующие поверхностный и подземный сток – слой стока, норма стока, коэффициент стока, модуль стока, водный баланс и др. Строятся гидрологические и гидрогеологические карты, микроклиматические базы данных и др.; 5. Структурные условия карстовых массивов. Геоструктурная позиция закарстованных территорий определяет формирование гидрогеологических бассейнов и массивов карстовых вод [4], их границы, поверхностные и подземные водосборы, гидрогеологическую зональность и скорости фильтрации карстовых вод; 6. Режим карстовых вод; 7. Разгрузка карстовых вод: переток в соседние водоносные системы, карстовые источники, субмаринная и русловая разгрузка; 8. Минерализация карстовых вод; 9. Химический состав и карбонатная емкость для известнякового карста; 10. pH и минерализация воды; 11. Наличие примесей, изменяющих растворяющую способность вод и др.

Результатом карстового процесса являются поверхностные и подземные карстовые формы: 1. Распространение; 2. Морфология; 3. Генезис; 4. Отложения; 5. Палеогеография; 6. Археология и 7. Использование карстовых форм слагают базу данных карстовых явлений. Создаются карты распространения и плотности поверхностных и подземных форм. Приводятся описания, планы и разрезы карстовых полостей.

Здесь особо выделяется проблема преобразования кадастрового описания полостей Горного Крыма в элемент геоинформационной системы. В настоящее время в Кадастре карстовых полостей Крыма содержится свыше 900 карстовых пещер различного типа и морфологии. Необходимо решить задачу представления этих материалов в цифровой и графической базе данных и электронных картографических материалах.

При создании тематического блока ГИС, кроме основного, важно рационально построить и сопутствующий набор баз данных. В каждом конкретном случае, в зависимости от природных условий территории, антропогенной нагрузки и характера хозяйственного освоения, а также целей и задач создаваемой "ГИС-Карст", перечень сопутствующих баз может изменяться в достаточно большом диапазоне.

После того, как вкратце был рассмотрен географический аспект построения, теперь обратимся к созданию функционального блока геоинформационной системы "ГИС-Карст Горного Крыма".

ГИС-приложения – это очень своеобразная область программного обеспечения. Можно сказать, что информационные системы в целом – это системы управления базами данных (СУБД). Но для географии очень важна визуализация данных в виде различных географических карт. Уже на этом этапе сравнения можно отметить весьма значимые отличия ГИС от других электронных систем.

Рассмотрим особенности баз данных ГИС. База данных – это совокупность сведений, которая описывает некоторую систему. При их создании следует учитывать методы, благодаря которым база будет выводиться для просмотра и редактирования. Желательно реализовать функции, которые будут производить сортировку данных, их выборку, переход между полями и записями, сохранение внесенных изменений. Значительную проблему представляет собой сохранность информации. Хотя производители и заверяют пользователей в надежности своих продуктов, однако, любая "надежная" программа все-таки предусматривает резервное копирование и восстановление информации. Это может свидетельствовать о том, что сбои при работе возможны. Базы, которые содержат большое количество информации, заметно теряют в производительности. Для "ГИС-Карст Горного Крыма" эту проблему можно отчасти решить, создав не единую глобальную оболочку для всех карстовых массивов, а несколько, и каждая база в таком случае будут представлять информацию по отдельному массиву.

Наконец, следует выбирать формат базы данных, исходя из конкретно поставленной задачи. Сравним, к примеру, такие распространенные форматы как dBase и Paradox.

В случае если ваше приложение по каким-либо соображениям должно быть совместимо с другими, то следует выбирать формат dBase. Формат таблиц dBase – это один из первых форматов PC-таблиц, и поэтому он поддерживается почти всеми приложениями, которые связаны с данными, имеющими формат таблиц. Однако, если не требуется совместимость, то лучше выбрать Paradox-формат, так как он несколько превосходит dBase по производительности и имеет более развитые возможности относительно внедрения информации, ее поиска, проверки целостности. Ярким примером превосходства Paradox-таблиц является большее количество типов полей. Например имеется тип поля Graph, позволяющий внедрять графическую информацию в таблицы, для dBase, к сожалению, подобный тип не реализован [6].

Таким образом, подбор типа баз данных, которые будут использоваться в ГИС-приложении, требует тщательного рассмотрения и анализа; выбор здесь должен осуществляться исходя из конкретно поставленной задачи.

В рамках проводимого исследования было создано служебное приложение для "ГИС-Карст", позволяющее редактировать базы данных формата Paradox и dBase. Это приложение, в дальнейшем, должно стать подпрограммой самой системы, и вызываться по нажатию пункта меню или кнопки в соответствующей панели инструментов. На данный момент оно является абсолютно самостоятельным, и с его помощью наращиваются базы данных, содержащие цифровую информацию, в частности, с помощью которой будет отображаться топографическая основа.

Данное приложение реализовано в форме MDI (интерфейс множества документов), работает с буфером обмена, а также в нем используются все стандартные функции для баз данных: переход между записями, их добавление, удаление и т.п. Возможна печать данных в табличной форме. Приложение снабжено справочной системой, создан его дистрибутив. Служебное название приложения – "SysEdit". На данный момент SysEdit находится в стадии тестирования, и в связи с этим стоит отметить, что в течение 4-х месяцев не было замечено никаких существенных сбоев в работе приложения. Единственная поправка была внесена в дистрибутив, поскольку ранее он не содержал файла контекста справки, что делало недоступным отображение большинства разделов справочной системой. На данный момент эта ошибка исправлена.

Программирование графики для ГИС-приложения – едва ли не самый сложный момент. Создание электронно-цифрового образа географической карты требует чрезвычайно высокой точности. Конечно, карту можно просто отсканировать и вставить в программу, но в этом случае теряется сам смысл информационной системы. ГИС, как правило, создается для удобства проведения дальнейших исследований. Поэтому создатель системы должен реализовать как можно больше возможностей для анализа графической информации. Предполагается, что должна быть использована многослойность в представлении карт, то есть наложение географических карт друг на друга. Должны быть реализованы возможности для построения новых синтетических карт, исходя из результатов послойного анализа. Например, после наложения таких слоев, как слой вновь образованных карстовых форм и слой всех известных карстовых форм, желательно, чтобы система могла построить карту активности карстового процесса в целом [8]. Наконец, последний момент, который подчеркивает связь графического образа с базой данных. ГИС предполагает быстрое получение пользователем текстовой и цифровой информации по выбранному объекту. Таким образом, любой из отображаемых на карте объектов должен быть не просто графическим образом или графическим примитивом, а должен быть объектом, связанным с конкретной записью в конкретной базе данных.

Недостаток картографической информации в электронной форме, плохое ее качество, а также стремление автоматизировать процесс внесения графической информации в "ГИС-Карст Горного Крыма" предопределяет создание некоторых служебных программ, которые должны значительно ускорить заполнение подготовленных баз данных цифровой и графической информацией.

Внедрение ГИС в производство протекает в нашей стране довольно медленно. Но, принимая во внимание зарубежный опыт в создании геоинформационных систем, следует отметить, что управление регионов с помощью ГИС позволяет экономить гораздо большие средства и значительно повышает оперативность принимаемых решений. В условиях хозяйственного освоения закарстованных территорий Крыма, разработка геоинформационной системы "ГИС-Карст Горного Крыма", является весьма актуальной задачей.

### Список литературы

1. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление. - Пермь: ПГУ, 1998. - 204с.
2. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. - Новосибирск, 1992. - 144с.
3. Дублянский В.Н., Клименко В.И., Михайлов А.Н. Ведущие факторы развития карста и балльная оценка его интенсивности// Инженерная геология, №2. 1990. С. 52-58.
4. Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. - Наука, 1984. - 128с.
5. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Издательство Петрозаводского университета 1995 г. Уч. пособие. 148 с.
6. Миллер Т., Пауэл Д. и др. Использование Delphi 3. Специальное издание.: Пер. с англ. - К.: Диалектика. 1997. - 768 с.
7. Соколов Д.С. Основные условия развития карста. - М.: Госгеолтехиздат, 1962. - 320с.
8. Справочник по инженерной геологии. М.: Недра, 1981. - 325с.

### Анотація

**Вахрушев В.А., Пона В.В.**

*В статті розглядаються теоретичні аспекти створення локальної карстологічної ГІС на прикладі карста Гірського Криму.*

Ключові слова: карст, геоінформаційна система, бази даних

### Summary

**Vakhrushev V.A., Pona V.V.**

*This article showed theoretical aspects on creating the local karstological GIS. The karst of the Mountain Crimea was choose as modal of our investigation.*

Key words: karst, geoinformation system, basis of data.