

**Салтыкова Т.Б.**  
**К О Н С П Е К Т   Л Е К Ц И Й**  
**по курсу:**  
**«АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И**  
**ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС»**

**Тема 1. ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ**  
**ПРИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СКВАЖИН.**  
**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ**

Процесс обработки и интерпретации данных ГИС представляет собой сложную информационную систему. В то же время в момент выдачи оперативного заключения по скважине интерпретатор должен принимать решение о характере разреза за короткий промежуток времени, не позволяющий реализовать все возможности полной обработки данных. Для ускорения процесса интерпретации, увеличения надежности и объективности конечной информации используется автоматизированная обработка данных.

Немного истории. В нашей стране работы по автоматизации обработки материалов ГИС ведутся с 1961г. Начало развития автоматизированных методов обработки результатов ГИС характеризовалось созданием и широким опробованием программ для решения отдельных задач интерпретации:

- выделение границ пластов;
- определение УЭС по данным БКЗ;
- построение математических моделей геологических объектов и их классификация;
- определение коллекторских свойств пластов на базе решения систем уравнений и другие.

В конце 60-х годов XXв. отдельные программы стали объединять в комплексы – автоматизированные системы, позволяющие в едином цикле решать группу задач.

В начале 70-х годов появились первые автоматизированные системы интерпретации результатов ГИС. Эти системы были ориентированы на ЭВМ разных типов и отличались друг от друга организационной структурой. что осложняло, а зачастую делало невозможным совмещение результатов, полученных в соседних регионах, а значит, требовало создания соответствующих обрабатывающих комплексов.

В конце 70-х гг. начинает использоваться АСОИГИС – автоматизированная система обработки и интерпретации данных ГИС на базе ЕС ЭВМ, постепенно адаптированная к персональным компьютерам.

Одной из последних удачных разработок в этой области является система «Арм-Подсчёт» с «гибким графом» обработки в диалоговом режиме, позволяющем изменить некоторые функции программы, не меняя графа обработки в целом.

Одновременно с разработкой программного обеспечения развивались технические средства для цифровой регистрации данных. Был осуществлен переход к унифицированной панели питания приборов и приёма сигнала,

появилась возможность подключить непосредственно к регистрирующей аппаратуре компьютер.

Это позволило наблюдать получаемую информацию непосредственно на скважине на экране монитора, производить оценку качества замера, оперативно принимать решение о производстве работ в процессе бурения.

Появилась возможность, используя каналы связи, оперативно передавать полученную цифровую информацию в контрольно - интерпретационную партию (КИП).

Обработка и интерпретация ГИС с помощью автоматизированных систем осуществляется поэтапно, согласно *информационной модели ГИС* (рис.1).

**Информационная модель ГИС** – математическая модель процесса геолого-геофизических исследований, которая точно и подробно описывает операции преобразования геофизической информации. Информационная модель включает в себя набор взаимосвязанных моделей, обменивающихся между собой информацией.

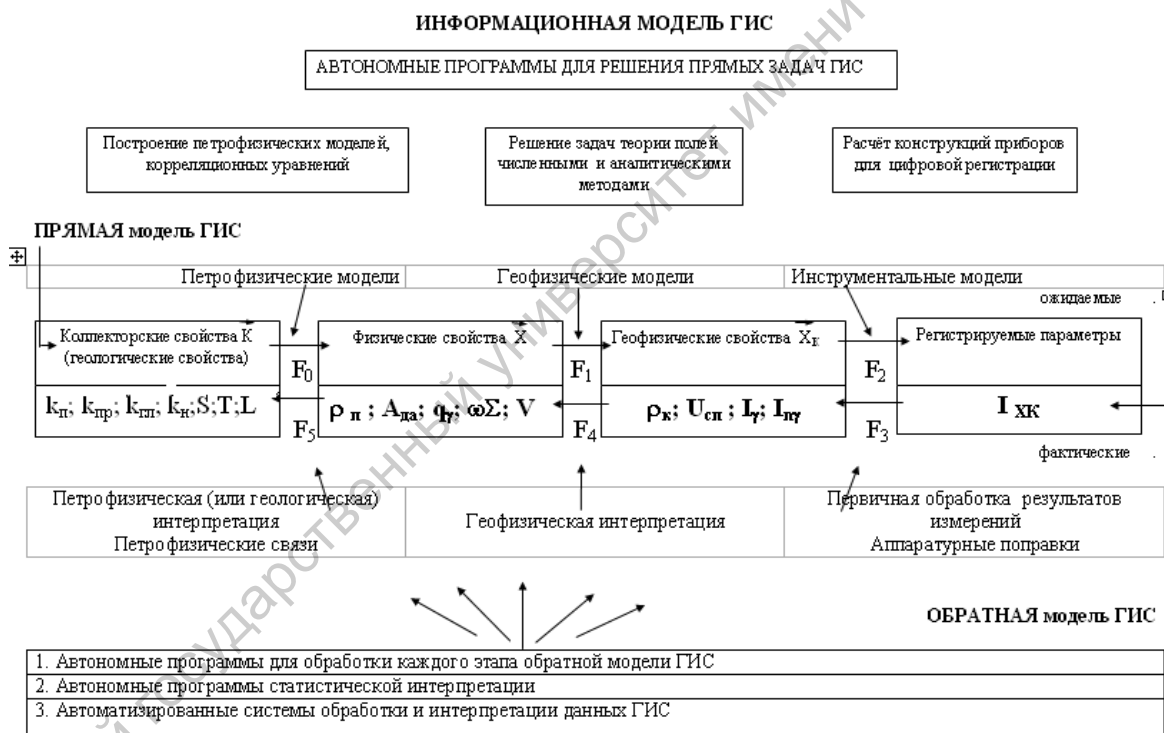


Рис.1. Информационная модель ГИС.

1. В первом блоке заключен комплекс петрофизических характеристик горных пород, описывающих исследуемые отложения ( $K_{п}$ ,  $K_{нг}$ ,  $K_{гл}$ ,  $K_{п}$  и др.). Это первичные **геологические свойства** горных пород, которые определяют их физические и геофизические свойства. Их нельзя измерить дистанционно.

К ним относятся:

- компонентный состав породы  $K$  (описывается коэффициентами пористости  $K_{п}$ , глинистости  $K_{гл}$ , проницаемости  $K_{пр}$ , нефтегазо- и водонасыщенности  $K_{нг}$  и  $K_{в}$ );

- структурные характеристики  $S$  (извилистость поровых каналов  $T$ , структурный коэф.  $a$ , показатель степени смачиваемости зерен  $n$ , характеристики минерального состава пород).

2. Второй блок – **физические свойства**, на измерении которых основаны геофизические методы. Эти свойства могут быть измерены дистанционно с использованием геофизических датчиков, но они не описывают разрез.

Через эти параметры определяются физические свойства горных пород:

- удельное электрическое сопротивление  $\rho_n$ ;
- диффузионно-адсорбционная активность  $A_{да}$ ;
- естественная радиоактивность  $q_v$ ;
- суммарное водородосодержание  $\omega_{\Sigma}$ ;
- объем  $V$ .

Связи между геологическими и физическими свойствами устанавливаются по результатам измерений в петрофизических лабораториях на образцах керна. Полученные зависимости описываются в виде прямых петрофизических моделей  $F_0$  и вносятся в аналитическом виде или в виде палеток в блок обрабатывающих программ автоматизированных систем.

3. Физические свойства горных пород характеризуют однородную безграничную среду. Они в большинстве случаев не могут быть непосредственно измерены в условиях скважины, поскольку исследования ГИС проводятся в системе «скважина-пласт» - среде неоднородной и безграничной. В третьем блоке показаны **фактически измеряемые характеристики**, называемые кажущимися ( $\rho_k, \sigma_k$ ).

Влияние макронеоднородностей (скважина, зона проникновения, размер зонда, слоистость геологического разреза и др) на показания методов ГИС оценивает геофизическая модель  $F_1$ , которая состоит в переходе от физических свойств среды к геофизическим или «кажущимся» показаниям зондов или датчиков приборов. Модель получается в результате решения прямой задачи геофизики теоретическим путем или физическим моделированием.

4. Характеристики поля, изучаемые в скважине, изображают в виде **диаграмм**, где все изменения кажущегося параметра фиксируются в отклонении регистрирующего устройства. Способ регистрации диаграмм вносит некоторые искажения в исходный сигнал (например, инерционность аппаратуры).

Процесс преобразования сигналов зондов и датчиков скважинных приборов в геофизические диаграммы, зарегистрированные на поверхности, описываются инструментальными моделями  $F_2$ . Для связи третьего и четвертого блоков используют систему аппаратных поправок (в палеточном или аналитическом виде), связывающих результирующий и исходный сигнал. Инструментальные модели учитывают не только полезные преобразования, но и аппаратные помехи, нелинейные искажения, образование флуктуаций, а также операции калибровки, градуировки, эталонировки приборов.

*Модели  $F_0$   $F_1$   $F_2$  составляют прямую информационную модель ГИС.*

Процесс обработки и интерпретации диаграмм представляет собой движение по данной схеме в обратном направлении на основе знаний техники регистрации диаграмм, теории методов и петрофизики.

**Обратная информационная модель** или процесс интерпретации также состоит из трех этапов.

I этап. Обратная инструментальная модель: первичная обработка результатов измерений, введение аппаратурных поправок.  $F_3$  (процедура, обратная модели  $F_2$ ).

II этап. Геофизическая интерпретация: переход от исправленных показаний геофизических методов к оценкам физических свойств геологического разреза  $F_4$  – модель, обратная этапу  $F_1$

III этап. Петрофизическая или геологическая интерпретация: переход от оценок физических свойств к оценкам искомых параметров горных пород (на основе построенных петрофизических зависимостей).  $F_5=1/F_0$

Таким образом, всякой методике интерпретации соответствует прямая модель, и чем точнее прямая модель отображает реальные процессы, тем обоснованнее методика интерпретации и точнее результат.

Существующие автоматизированные системы реализуют порядок обработки геофизического материала согласно порядку следования блоков в обратной информационной модели. В связи с этим процесс интерпретации можно разделить на **этапы**.

I этап. **Индивидуальная обработка.** Данные каждого метода ГИС обрабатываются индивидуально по схеме, соответствующей этапам  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_5$  информационной модели и состоящей из процедур:

1. Введение аппаратурных поправок – получение геофизического параметра (оператор  $F_3$ ).
2. Исключение радиальной и осевой неоднородности изучаемой среды – получение физического свойства (оператор  $F_4$ ).
3. Использование петрофизических уравнений для одного из коллекторских свойств среды (оператор  $F_5$ ).

Последний оператор не всегда однозначен.

II этап. **Комплексная обработка.** Применяется на последнем этапе  $F_5$ , когда для оценки какого-либо коллекторского свойства надо знать не одно, а комплекс физических свойств породы, полученных по разным геофизическим методам. Комплексную обработку данных всех методов ГИС по разрезу одной скважины с выдачей наиболее полных сведений (литологической колонки, характера насыщения пластов, коллекторских свойств) при автоматизированной интерпретации называют *оперативной интерпретацией*.

**Сводная интерпретация** - обобщение всех геофизических и геологических данных по площади залежи или месторождения.

Практическая реализация автоматизированной сводной интерпретации возможна при создании развитых территориальных банков геолого-геофизических данных (ТБД) и систем управления ими (СУБД).

Обработка геофизической информации в существующих автоматизированных системах реализуется в двух видах: *попластовом и поточечном*.

**Поточечная интерпретация** позволяет проводить непосредственную обработку цифровых данных ГИС и получать результаты интерпретации в виде непрерывной функции глубины. Этот подход не требует отбивки границ и

выделения пластов. В наиболее общем виде задача поточечной интерпретации основана на математическом аппарате обратной фильтрации, при котором в каждой точке разреза учитывается влияние вмещающих пород. Общая теория фильтрации методов ГИС, в которой учтены не только пространственные характеристики зондов, но и погрешности измерений, получила название *теории оптимальной фильтрации геофизических кривых*. Обратные фильтры наиболее эффективны при обработке кривых симметричной формы вертикальной характеристики в части разреза, не искаженной проникновением. Этим требованиям удовлетворяют кривые ИМ, БМ, ГМ, АМ и НМ и в наименьшей степени – кривые градиент-зондов, для которых оказывается возможным лишь снизить влияние вертикальной характеристики зонда и тем самым улучшить форму кривой. Применение поточечной интерпретации в разрезах с частым чередованием прослоев малой мощности приводит к более простым в логическом отношении операциям, но требуется более строгое, чем при попластовой обработке согласование геофизических кривых по глубинам.

**Попластовая интерпретация** подразумевает аппроксимацию непрерывной геофизической кривой ступенчатой с выделением квазиоднородных интервалов, в пределах которых приписывается одно значение геофизического параметра, не изменяющееся по глубине.

Можно сформулировать два критерия, позволяющие тот или иной интервал отнести к одному пласту или расчленять его на несколько прослоев:

1. *Критическое значение мощности* интервала. При мощности, меньше критической, в пласте невозможно определить истинное значение параметра при попластовой интерпретации. Следовательно, нецелесообразно выделять пласты очень малой мощности.
2. *Степень неоднородности* выделенного интервала, т.е. степень различия в показаниях метода в соседних интервалах. При относительном различии менее заданной величины группу выделенных соседних интервалов можно рассматривать как единый пласт. Но понятие однородности меняется в зависимости от метода ГИС и вертикальной характеристики зонда. Поэтому одна и та же часть разреза скважины по кривым различных методов может быть по-разному расчленена на пласты.

\*\*\*\*\*

#### **Контрольные вопросы**

1. Понятие «прямой информационной модели ГИС» (Суть перехода от петрофизической к инструментальной модели).
2. Понятие «обратной информационной модели ГИС» (Суть перехода от инструментальной к петрофизической модели).
3. Индивидуальная обработка материалов ГИС. Комплексная обработка, оперативная интерпретация. Сводная интерпретация.
4. Попластовая и поточечная интерпретация геофизической информации.

## Тема 2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС

Интерпретатор формирует представление о модели разреза и выбирает соответствующую методику оценки искомым свойств геологического объекта в зависимости от собственных знаний, а также от имеющихся фактических данных об изучаемом объекте – геологических сведений, комплекса ГИС, анализов керна, результатов испытания пластов и др.

Для того, чтобы помочь интерпретатору в анализе геофизических материалов при реализации той методики интерпретации, которую он считает наиболее подходящей для данного разреза, существуют различные **автоматизированные системы обработки и интерпретации данных ГИС**. Они, конечно же, не могут заменить интерпретатора, это рабочий инструмент, позволяющий построить вычислительный процесс в нужной последовательности.

Автоматизированная система обработки — это комплекс прикладных обрабатывающих программ, предназначенных для решения определенных научных и инженерных задач, объединенных специализированной организующей системой (СОС), которая управляет процессом обработки данных.

СОС и библиотека геофизических программ разрабатываются составителем системы.

Для ввода в систему данные должны быть в цифровом виде. Диаграммы, полученные в аналоговом виде, преобразуются в цифровой код при помощи цифровых преобразователей.

Работа с автоматизированной системой начинается с предварительной обработки и редактирования данных. При этом выполняется увязка геофизических кривых, перемещение, группировка и сортировка обрабатываемых диаграмм, их редактирование (вставка и «сшивка» фрагментов, удаление выбросов, устранение разрывов и др.).

Система автоматизированной обработки использует в качестве модели работу интерпретатора, при формализации система старается смоделировать приемы "ручной" обработки. Этот путь позволяет построить схему обработки, не уступающую "ручной", однако технологические возможности машины при обработке существенно выше, что приводит к значительному снижению эффекта автоматизации.

Суть формализации «природы» состоит в представлении всех процессов ГИС в виде информационных моделей. Составленная в результате формализации реальных процессов прямая информационная модель должна определять порядок работы блоков системы автоматизированной интерпретации, который должен быть обратным порядку блоков в прямой модели.

Обработка и интерпретация данных ГИС - процесс интерактивный и итерационный. Он проходит в режиме диалога, инициатива в котором принадлежит системе. Она запрашивает задание на обработку и передает его на исполнение, информируя интерпретатора о ходе обработки, генерируя запросы и сообщения.

Правила, которые использовались системой для принятия решения, сообщаются пользователю и при необходимости легко могут быть скорректированы

применительно к специфическим условиям данного региона. Система обеспечивает просмотр на дисплее промежуточных результатов

Математическое обеспечение любой автоматизированной системы, предназначенной для решения промышленных задач, базируется на:

- 1) операционной системе компьютера;
- 2) специализированной обслуживающей и организующей системе (СОС), управляющей процессом обработки (разрабатывается составителями системы);
- 3) библиотеке сервисных программ;
- 4) библиотеке геофизических программ, осуществляющих обработку и интерпретацию материалов ГИС.

СОС обеспечивает управление вычислительным процессом, ввод исходных данных, выдачу результатов интерпретации, обмен с внешними накопителями, диалог интерпретатора с компьютером, контроль, коррекцию и защиту данных.

*Библиотека геофизических программ* состоит из трёх разделов – библиотеки программ, библиотеки описателей программ, библиотеки графов и обеспечивает:

- 1) реализацию алгоритмов, необходимых для решения задач интерпретации данных ГИС;
- 2) выполнение вспомогательных процедур, связанных с обработкой данных и выводом результатов интерпретации;
- 3) контроль качества исходной информации и результатов интерпретации с формированием признаков, на основе которых могли бы уточняться параметры и графы интерпретации.

### **Основные принципы организации автоматизированных систем**

1. *Модульное строение.* Система должна состоять из управляющего ядра и библиотеки модулей, связанных между собой информационно и по управлению и вызываемых управляющим ядром по имени. Библиотека должна быть открытой, легко наращиваться, а модули – меняться и удаляться.
2. *Гибкость системы.* Достигается за счет разработки унифицированных связей между модулями информации, управления вычислительным процессом, памяти компьютера.
3. *Иерархический принцип компонентов.* Система должна строиться по иерархическому принципу всех её компонентов - библиотеки данных, памяти, алгоритмов решения – с произвольным числом уровней иерархии, что повышает эффективность системы и технологичность обработки.

### **Сходство и различие существующих автоматизированных систем**

#### **Сходство.**

1. Все системы построены по единым основным принципам (см. выше). Главный из них – модульный принцип организации и открытая библиотека геофизических программ.
2. Все системы работают по заранее составленному заданию (*графу*) обработки. При этом графы подразделяются на гибкие и жесткие.

Жесткий граф – постоянная заявка для обработки информации по какому-либо геологическому объекту. Заведён в математическое обеспечение системы и не может быть изменен пользователем. Жесткий граф используется, как правило, при обработке информации в производственном режиме, когда уже произведена настройка системы на условия обрабатываемого разреза.

Гибкий граф позволяет пользователю по своему усмотрению изменять ход обработки, настраивать на конкретные условия каждой скважины, используя опыт и знания об изменении свойств пород по разрезу и площади.

3. Все системы требуют для своей работы однотипной информации: цифровой массив геофизических кривых, сведения о скважине, разрезе, геофизических методах; заявки на обработку.
4. Все системы требуют настройки на геолого-технические условия конкретных районов, которая заключается в выборе оптимального графа интерпретации, подборе оптимальных значений управляющих параметров обрабатывающих программ, использовании априорной информации.

### Различия

1. Метод обработки информации – поточечный или попластовый.  
Все системы начинают работу с непрерывными кривыми и используют поточечную обработку до определенного этапа. Последующая интерпретация и выдача результатов производится в попластовом варианте.
2. Специализированная организующая часть систем (СОС). Различия в СОС ограничивают возможности общения систем друг с другом, которое возможно только через специально написанные связующие программы.
3. Режим работы системы – пакетный или интерактивный. Интерактивный (диалоговый) режим позволяет интерпретатору оперативно корректировать результаты обработки, опробовать разные методики.
4. Разные алгоритмы обработки при решении одних и тех же задач.

Системы могут включать программные модули для обработки данных кернового анализа: ввода и хранения результатов петрофизических исследований керна, построения петрофизических связей, создания альбомов палеток, увязки керна с ГИС. Некоторые системы позволяют создавать по итогам интерпретации цифровую модель залежи.

\*\*\*\*\*

### **Контрольные вопросы**

1. На чем базируется математическое обеспечение любой автоматизированной системы?
2. Определение и основные принципы организации автоматизированных систем.
3. Сходство существующих автоматизированных систем
4. Различия существующих автоматизированных систем



### Тема 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Обработка и интерпретация данных ГИС с помощью автоматизированных систем осуществляется в последовательности обратной информационной модели. Однако часто модель какого-либо преобразования неизвестна или априорные сведения об информационном процессе весьма приближенны. В этом случае целесообразно использовать методы классификации и прогнозирования свойств геологических объектов, основанные на *статистической обработке* массивов геолого-геофизической информации. Наибольшая эффективность статистической интерпретации достигается при развитии территориальных банков данных (ТБД), когда процесс сбора, хранения, систематизации и поиска исходной информации для проведения интерпретации автоматизирован.

Статистические методы обработки материалов начали применяться в конце 19 века в минералогии, петрографии а также при классификации геологических объектов. В 40-х годах было начато широкое применение статистических методов для *изучения геологических процессов*. Им впоследствии были проведены важные работы по внедрению математических методов в геологию и использованию вероятностных моделей для описания геологических объектов и процессов.

В основе **вероятностного характера** геологических явлений лежат следующие понятия:

1. Любой геологический объект возник как результат взаимодействия множества факторов, геологических явлений, наложенных друг на друга, сложно распределенных во времени и пространстве. Поэтому при изучении геологических объектов приходится иметь дело с массовыми явлениями, которые подчиняются законам статистики.

2. Каждый из элементарных геологических процессов происходит в результате определенной системы причинно-следственных связей. Многообразие таких процессов, их неоднократное повторение, наложение друг на друга делают практически невозможным детерминированное изучение геологических явлений в целом. Именно в этом смысле надо использовать понятие «вероятностная природа» геологических объектов.

В основе **математических методов изучения** вероятностных моделей геологических объектов лежат следующие положения.

1. Формирование любого геологического объекта произошло под влиянием *множества* разнообразных условий.

2. Существуют определенные связи между геолого-геофизическими показателями, описывающими эти условия, и качественными и количественными характеристиками изучаемых геологических объектов.

3. Эти связи имеют *вероятностный* характер, то есть предсказывают средний результат большого числа опытов. Поэтому, описывая геологические объекты такого рода взаимосвязями, можно говорить не о точных значениях тех или иных характеристик, а лишь о некоторых вероятностных оценках этих характеристик.

Важным результатом использования статистических методов в геологии является переход от математического изучения предельно упрощенных идеализированных моделей к математическому исследованию сложных моделей, приближающихся к структуре реальных объектов.

Математические методы используют для решения задач качественной и количественной интерпретации.

## КАЧЕСТВЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Задачей качественной статистической интерпретации является классификация геологических объектов: разделение пластов на нефтеносный и водоносный, коллектор-неколлектор и др.

В начале 60-х годов XXв. Ш.А.Губерман предложил рассматривать классификацию геологических объектов как *задачу распознавания образов*.

Смысл классификации объектов заключается в построении критерия для отнесения объектов к разным классам.

*Класс* – это качественно однородная совокупность объектов. Каждый объект, относящийся к какому-либо классу, описывается несколькими параметрами. Совокупность этих параметров называется *пространством признаков*.

Например, если рассматривать задачу классификации пластов на продуктивные и водоносные, то:

*классы*: класс «водоносные» и класс «продуктивные»;

*объектом* является каждый пласт;

*пространство признаков* – показания методов ГИС, которые характеризуют каждый объект.

Выбранные признаки должны быть информативными для решения задачи классификации. В выборку каждого класса должны войти объекты с полным диапазоном свойств, встречаемых в геологическом разрезе.

Решение задачи **классификации объектов с обучением** осуществляется в три этапа: *обучение, экзамен, распознавание*.

На первом этапе (обучение) производится поиск границы между классами. Для этого формируется выборка пластов, принадлежность которых к определенным классам (например, продуктивный или водоносный; коллектор или неколлектор) заранее достоверно известна (по исследованиям керна или результатам испытаний). Признаками, характеризующими объекты, считаются показания геофизических методов, несущих ключевую информацию. Например, при разделении на водоносные и продуктивные в набор признаков включают показания методов, несущих информацию о характере насыщения пластов ( $\rho_k$  по БК, ИК), их пористости ( $\Delta J_{n\gamma}$ ,  $\Delta T$ ), глинистости ( $\Delta J_\gamma$ ,  $\alpha_{ПС}$ ), а также учитывающие скважинные условия измерения.

На основании признаков строится уравнение разделяющей поверхности  $F_{кр}$  таким образом, чтобы пласты, относящиеся к одному классу, попадали в область пространства, выше  $F_{кр}$ , а относящиеся к другому классу – в противоположную.

На втором этапе (экзамен) проверяется эффективность найденного решающего правила на экзаменационной выборке, в которую входят пласты с известным характером насыщения, не участвовавшие в поиске решающего

правила. На этом этапе оценивается погрешность классификации и эффективность работы программы.

На третьем этапе (распознавание) производится классификация объектов, характер насыщения которых неизвестен.

Применяющиеся в промышленной геофизике программы распознавания образов решают задачи классификации с достаточно высокой эффективностью. Однако обработку материала с помощью программ распознавания целесообразно применять только в том случае, когда эффективность этого метода классификации выше эффективности разделение пластов на группы по геофизическим характеристикам ( $P_n, \rho_n$ ).

Недостатки программ распознавания связаны, в основном, с недостаточной статистической выборкой данных. Для проведения обучения требуется представительная выборка пластов с достоверными результатами опробования. На ранней стадии разведки таких данных очень мало, а на поздней уже известно положение ВНК и нет острой необходимости в методах распознавания.

Существует также программы **классификации объектов без обучения**. Программы работают в следующей последовательности.

1. Составляется таблица объектов, подлежащих классификации, охарактеризованных различными геофизическими или петрофизическими характеристиками.
2. Задается число классов, на которые надо разделить объекты.
3. Выбираются объекты, которые могут быть центрами классов (облаков точек).
4. Проверяется компактность каждого класса по близости объектов к центру класса и по величине СКО объектов от центра.

При поступлении новых объектов, не участвовавших в классификации, отнесение к тому или иному классу производится по минимуму расстояния от объекта до центра этого класса.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Порядок обработки при проведении количественной интерпретации.

1. Формируется эталонная выборка из имеющегося экспериментального материала, на которой есть определения всех свойств.
2. По имеющейся выборке получают уравнение регрессии. Оно должно быть устойчивым и не слишком сложным. Рассчитывают коэффициент корреляции.
3. На этапе экзамена производится проверка полученного уравнения на контрольной выборке, в которую входят объекты с известным свойством, но которые не участвовали в нахождении коэффициентов регрессии.
4. После этого можно использовать полученное уравнение регрессии для определения искомого свойства по набору имеющихся параметров.

Ограничения и недостатки в использовании многомерных уравнений регрессии объясняются различными факторами:

- погрешности в измерениях отдельных параметров;
- недостаточное число высокоинформативных признаков.

Наибольший практический интерес представляют связи типа *керна-геофизика*. Но именно эти связи наименее достоверны по следующим причинам:

- низкое качество измерений в лаборатории и в скважине;
- неточность привязки керна к разрезу скважины и его непередставительность;
- несоответствие термобарических условий в скважине и в лаборатории;
- несопоставимость измеряемых объемов пород в скважине и в лаборатории.

Использование в «чистом» виде статистической интерпретации недостаточно эффективно по перечисленным выше причинам. Детерминистские приемы интерпретации также имеют свои ограничения. Поэтому все более широкое развитие получают методики, объединяющие статистический и детерминистский подходы.

\*\*\*\*\*

#### Контрольные вопросы

1. Статистический подход к интерпретации геолого-геофизических данных. Положения, лежащие в основе математических методов изучения вероятностных моделей геологических объектов.
2. Статистический подход к интерпретации геолого-геофизических данных. Понятия, лежащие в основе вероятностного характера геологических явлений.
3. Качественная статистическая интерпретация. Этапы решения задач классификации объектов с обучением. Основной недостаток программ распознавания.
4. Количественная статистическая интерпретация.

### Тема 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

#### Граф обработки

Задачей оперативной интерпретации данных ГИС является определение параметров пластов, позволяющих дать представление о геологическом разрезе скважины, наличии и характере насыщения коллекторов. В практической работе определяется минимум этих свойств: коэффициенты пористости, глинистости и нефтегазо-, водонасыщенности. С этой точки зрения все методы в стандартном комплексе ГИС делятся на три группы:

1. Методы, содержащие информацию о коэффициентах насыщения  $F(k_p, k_{нг})$  – методы сопротивления.
2. Методы пористости  $\varphi(k_p)$ .
3. Методы глинистости  $\psi(k_{gl})$ .

В большинстве автоматизированных систем реализован следующий граф обработки материалов ГИС с целью определения свойств пород (рис.2):

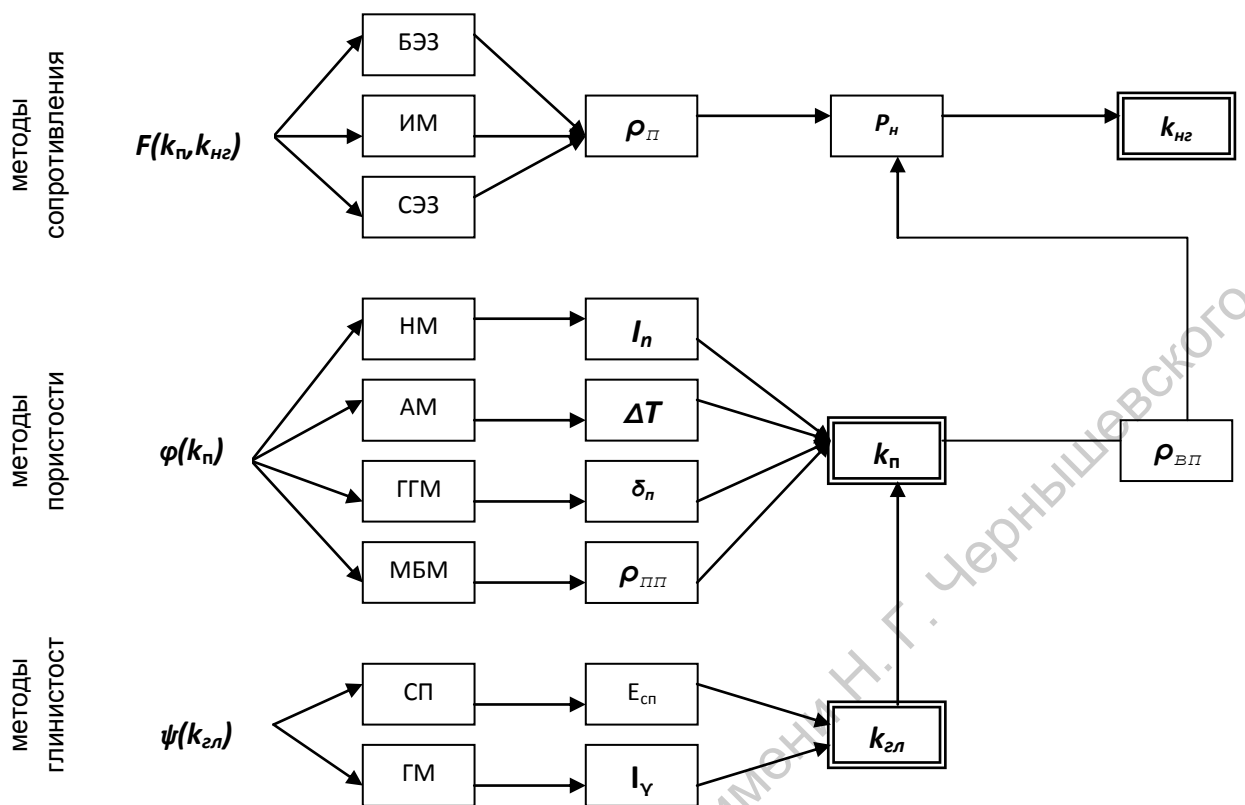


Рис.2. Граф обработки.

1. Диаграммы методов сопротивления преобразуются в диаграммы истинного УЭС, затем в параметр насыщения  $P_n$  и коэффициент водонасыщения.
2. После индивидуальной обработки каждого из методов второй группы (пористости), получают значение коэффициента пористости, по которому определяют параметр пористости  $P_n$  и  $\rho_{ВП}$ , которое, в свою очередь используется для нахождения параметра насыщения  $P_n$ .
3. Для достоверного определения пористости необходимо знать коэффициент глинистости, которую определяют по данным методов третьей группы (методов глинистости).

В действительности, петрофизические связи представляют собой более сложные уравнения, в каждое из которых входят не только перечисленные в схеме параметры, но и многие другие. В этом случае свойства пластов определяются в результате решения системы линейных и нелинейных петрофизических уравнений, реализованных в большинстве автоматизированных систем.

### Технологическая схема

Все автоматизированные системы обеспечивают гибкое управление процессом интерпретации и располагают обширными библиотеками геофизических программ. **Технологическая схема** проведения автоматизированной обработки по любой системе не имеет принципиальных отличий от ручной интерпретации. Этапы обработки включают в себя следующие процедуры.

*I. Предварительная обработка исходных данных:*

1. Ввод исходной информации в компьютер.
2. Редактирование кривых ГИС.
3. Введение поправок.

*II. Геофизическая интерпретация:*

1. Увязка кривых ГИС по глубине.
2. Трансформация кривых ГИС (разбивка на пласты), снятие отсчетов.
3. Оценка УЭС.

*III. Геологическая интерпретация:*

1. Литологическое расчленение разреза, выделение коллекторов. В автоматизированных системах используется несколько различных алгоритмов литологического расчленения. Они основаны на различии физических и геофизических параметров горных пород. Значение диапазона изменения параметра позволяет прогнозировать его литологию. В алгоритмах литологического расчленения разреза используются граничные значения показаний геофизических методов или характеристик пород, а также вероятностный подход определения индексов литологии.

2. Оценка коллекторских свойств пород:

- оценка коэффициента глинистости;
- оценка коэффициента пористости и литологического состава;
- оценка коэффициента водонасыщенности (нефтегазонасыщенности).

Количественные оценки свойств пород производятся по алгоритмам общепринятых методик интерпретации или по алгоритмам комплексной оценки свойств, реализующим решение систем линейных и нелинейных петрофизических уравнений.

3. Проведение в поточечном виде нормализации для решения различных задач – выделение коллекторов, оценка характера насыщения, определение типа коллектора и др.

\*\*\*\*\*

**Контрольные вопросы**

1. Граф обработки материалов ГИС с целью определения свойств пород.
2. Технологическая схема проведения автоматизированной обработки (основные этапы обработки).

**Тема 5. СИСТЕМА «ПРАЙМ»**

Полный комплекс обрабатывающих и интерпретирующих программ называется системой. Подготовленные массивы исходных кривых, снабженные информацией о виде и условиях исследования, обрабатываются по выбранным в системе алгоритмам. В настоящее время широко используются системы: «Камертон» (РГУ НГ им.И.М.Губкина), «Подсчет» (ВНИИгеосистем), «ИНГИС»

(ЦГЭ), «Гинтел» (г.Тверь) и др. Эти системы работают в операционной системе Windows и различаются возможным комплексом обрабатываемых методов ГИС. Системы могут включать программные модули для обработки данных кернавого анализа. Некоторые системы позволяют создавать по итогам интерпретации цифровую модель залежи.

Одной из систем, предназначенной для реализации современных технологий обработки данных ГИС, является обрабатывающий программный комплекс «**Прайм**» (ГеоТЭК, г.Уфа). Этот автоматизированный инструмент в среде Windows предназначен для сбора, визуализации, обработки и хранения геолого-геофизических данных. Система «Прайм» имеет модульную архитектуру, которая позволяет пользователям самостоятельно развивать возможности системы для адаптации к конкретным условиям.

Система предназначена для работы с разнородной по типу и составу информацией. Система использует собственную локальную базу данных, которая носит название **WS** (от англ. «work space» - «рабочая область»). Основой **WS-технологии** является управление данными при помощи метабазы и реализация Системы в виде ядра и приложений.

Метабаза, вместо значений данных, содержит атрибуты данных. Под атрибутами данного будем понимать все его свойства, кроме числового значения. Использование атрибутов данных позволяет поддерживать различные форматы данных, автоматически согласовывать единицы измерений и типов представлений и многое другое

Ядро системы содержит 4 объекта для представления данных. Этими объектами являются: поле, строка, таблица и база. Локальная база данных **WS** содержит одну или несколько **таблиц**. Таблица состоит из **записей** (строк) данных одинаковой структуры, каждая запись имеет свой порядковый номер. Запись содержит несколько **полей**, каждое из которых имеет своё имя и тип. В результате импорта в локальную базу данных каждый внешний файл кривой ГИС, как правило, превращается в строку таблицы, при этом Система полностью сохраняет структуру исходных данных ГИС.

*Основным свойством WS-технологии является **гибкость внутреннего формата данных**.* Это свойство обеспечивает простое решение многих проблем организации данных и их обработки: В том числе:

1. **WS-технология** автоматически обеспечивает импорт-экспорт данных в бесконечное число форматов данных, которые могут быть описаны метабазой. Сложные форматы типа LAS, LIS-формата, не могут быть автоматически импортированы и экспортированы. Но они могут быть представлены в рабочей области, и соответственно, обработаны готовыми процедурами путем написания специального кода программы для импорта и экспорта.
2. Поскольку данные импортируются и экспортируются "как есть", снимается проблема сохранности данных при импорте и экспорте. Поэтому **WS-технология** легко вписывается в существующие технологии как звено обработки. При фиксированном внутреннем формате невозможно обеспечить "один к одному" импорт и экспорт внешних данных.



Рис. 3. Логическая структура локальной базы WS.

3. Модули обработки не зависят от исходного формата данных. Поэтому изменение структуры данных не влияет на результат обработки. Если появляется новый формат данных, то нет необходимости переписывать модули обработки.
4. Вся разнородная информация может быть сохранена в одном файле. Это облегчает хранение данных их передачу. В одном файле, например, могут быть сохранены каротажные кривые, тексты заключений, соответствующие планшеты и т.п.

ПРАЙМ является не только готовой системой для практического использования, но и универсальной средой для разработки новых приложений. Приложения системы представляют собой модули DLL, скрипты на внутреннем языке программирования, которые могут быть подключены к системе в любой момент без привлечения разработчиков системы. Допускаются любые сочетания приложений. Каждое приложение обычно позволяет решить отдельную задачу анализа и обработки геолого-геофизических данных.

Система имеет в библиотеке набор универсальных программ, выполняющих различные вычислительные и логические операции и позволяющих реализовать различные методики интерпретации без написания специальных программ. При этом можно использовать как теоретические зависимости и палетки, так и любые эмпирические зависимости. Возможна многовариантная обработка по разным методикам с компиляцией результирующего массива.

\*\*\*\*\*

#### Контрольные вопросы

1. Что такое Атрибуты данных в системе «Прайм» ?
2. Что содержит Метабаза в системе «Прайм»?
3. Что является основой WS-технологии в системе «Прайм»?
4. Основное достоинство WS-технологии?



## ЛИТЕРАТУРА

1. Обработка и интерпретация данных промысловых геофизических исследований на ЭВМ: Справочник/Н.Н. Сохранов, С.М. Аксельрод, С.М. Заунделевич, И.М. Чуринова Под ред. Сохранова.- М.: Недра, 1989.-240 с.: ил.
2. Дьяконова Т.Ф. Применение ЭВМ при интерпретации данных геофизических исследований скважин: Учеб.пособие для вузов. - М.: Недра, 1991.
3. Геофизические исследования скважин: Учеб. для вузов. Под ред. д.г.-м. н. В.М.Добрынина, к.т.н. Н.Е.Лазуткиной – М.:ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина, 2004.-400с.илл.