

# Дисциплина «Статистические методы в геологии»

## Лекция 1

### Введение в дисциплину. Объекты исследований и типы данных

В геологии исследователю крайне редко удастся увидеть и изучить весь объект целиком (массив горных пород, зону минерализации, месторождение и т.п.).

В лучшем случае речь может идти об отдельных обнажениях или образцах керна, полученных при бурении скважин. Именно недоступность большинства геологических процессов обуславливает необходимость применения математических методов в геологических науках.

Причем из всего разнообразия методов и законов математики для этих целей наиболее подходят **методы математической статистики.**

**Статистика** – это обобщение и наглядное представление эмпирических данных большого объема с последующими выводами из этих данных.

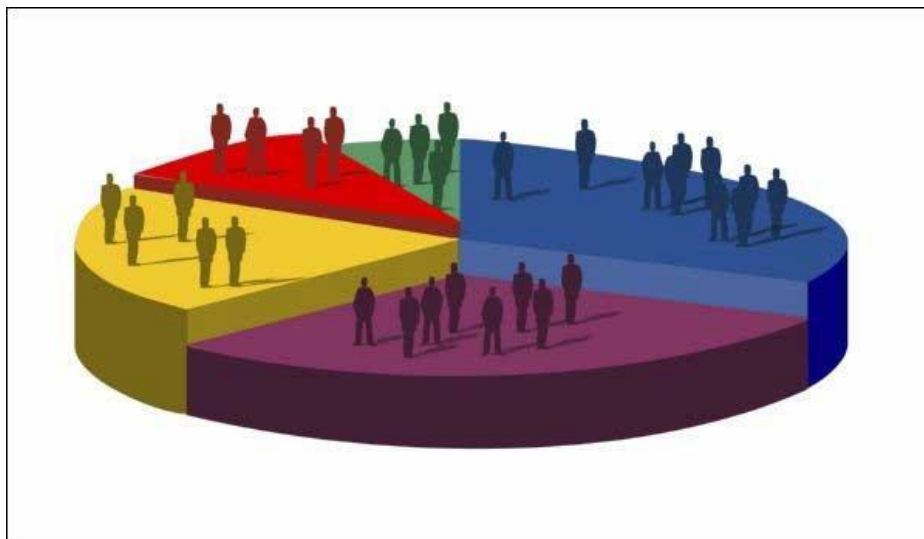
**Статистика** позволяет распространить выводы, полученные по ограниченному числу наблюдений на весь изучаемый объект.

В геологии использование математических методов возможно преимущественно для **обработки и обобщения** экспериментальных данных и результатов наблюдений.

При этом **формализации** подвергается не вся наука, а только объект непосредственного наблюдения.

## Краткая историческая справка

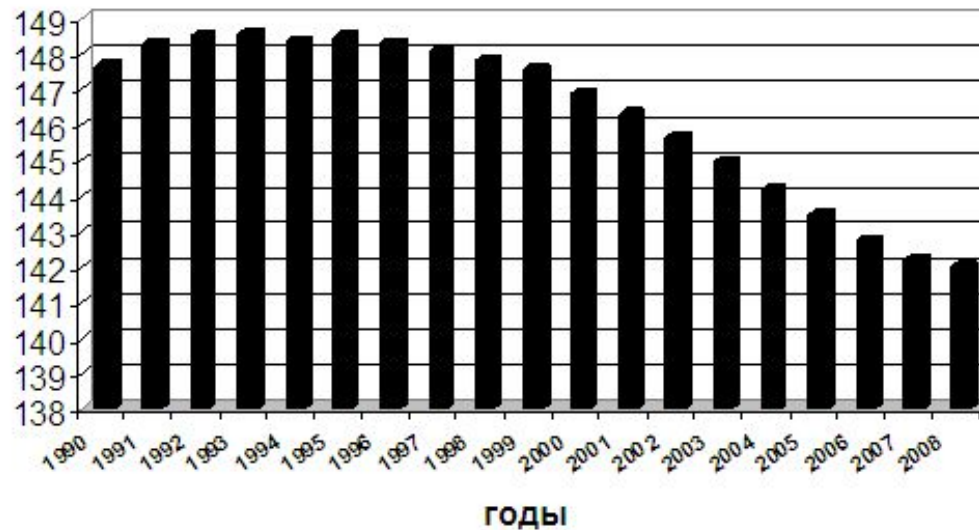
- Термины «статистик», «статистический» - с IV в.
- "статистика" - от латинского "*status*" - "*состояние*"
- впервые в 1770 г. - труд Дж. Бильфельда "*Основы универсальной эрудиции*" -
- В значении: *учение о политическом устройстве государства, государствоведение*



## Краткая историческая справка

- **Статистика** рассматривала:
- данные о населении страны,
- о политических условиях,
- о продукции, производимой в стране и т.п.

Численность населения РФ, млн. чел



## МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ.

- Чарльз Лайель – "Принципы геологии" (1833)

<b>Процент раковин современных видов в третичных отложениях</b>	<b>Стратиграфическое подразделение, к которому Лайель отнес слой</b>
менее 3,5 %	эоцен
3,5-17 %	миоцен
17-50 %	плиоцен
более 50 %	верхний плиоцен

# КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ

- Конец XIX в.

Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, Г. Нигли и др. петрографы установили границы семейств различных магматических пород, закономерные связи между химическим и минеральным составом пород.

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ.

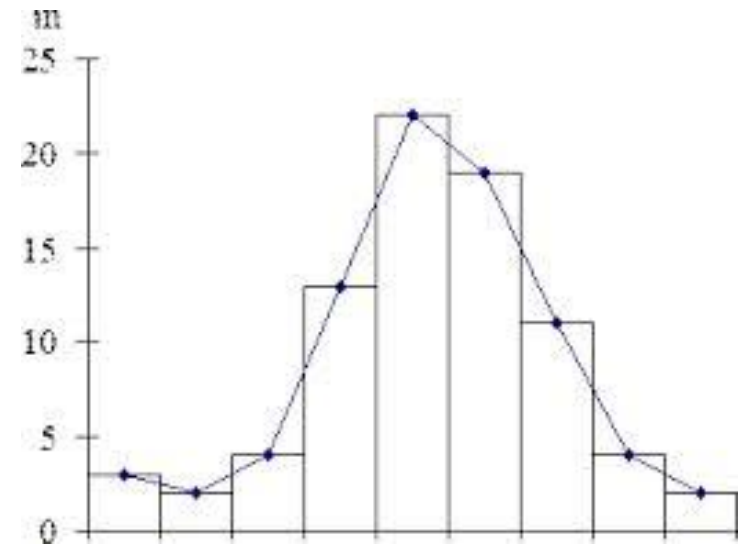
- 1. Жорж Луи Бюффон - "Теория Земли" (1749), "Эпохи природы" (1778);
- 2. М.В. Ломоносов – "О слоях земных" (1763);
- 3. В.М. Севергин – "Опыт минералогического землеописания Российского государства" (1809);

# КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ.

- 1899 г.

сибирский золоторазведчик Н. Писарев

вычислил **ошибку оценки среднего** содержания и определил необходимое *количество проб для оценки среднего* содержания золота на месторождении *с заданной точностью*.





# КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ.

- 1910-11 гг. С.Ю. Деборжинский
- 1) решение задачи об отыскании средних элементов залегания пласта, путем аппроксимации его плоскостью по методу наименьших квадратов (**МНК**);
- 2) способ оценки вероятности обнаружения тела полезного ископаемого заданной формы и размеров равномерной сетью поисково-разведочных выработок.

# КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ.

- 1936 г. С.Н. Иванов

методика определения густоты сети опробования с помощью методов вариационной статистики

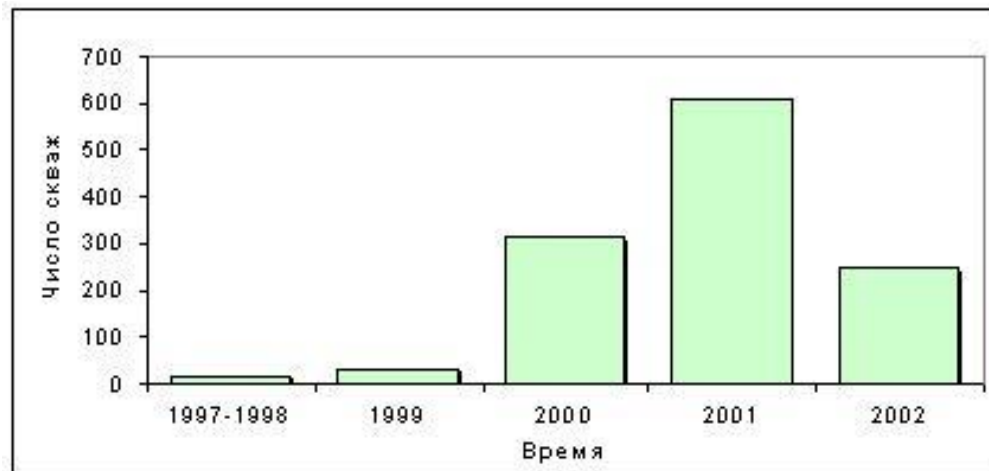


Рисунок 4.1. Динамика исследований по годам

# Объекты исследований и типы геологических данных

- Объектом геологических исследований являются литосфера в целом и отдельные ее блоки, горные породы, отдельные зерна минералов, процессы осадконакопления, и т.п.
- Основные типы геологических данных:
- Традиционно различают три основных типа данных, которые можно получить при проведении наблюдений и измерений на геологических объектах:
  - количественные
  - полуколичественные – оцененные по усилению какого-либо относительного признака (напр. шкала твердости, содержание химического элемента- «очень мало»- «мало»- «много»)
  - качественные – наличие или отсутствие какого-либо признака
- Математической обработке поддаются все указанные типы данных и делаются обоснованные выводы.

# Виды ошибок измерений

- Все ошибки любых типов измерений традиционно подразделяются на систематические, случайные и грубые промахи.
- **Систематические ошибки** – их величина одинакова во всех однотипных измерениях, сделанных одинаковым способом. (пример – сбитый ноль на приборе)
- **Случайные ошибки** – носят действительно случайный характер, т.е. обязаны своим появлением целому ряду причин, влияние которых непредсказуемо и неодинаково
- **Грубые промахи** – обычно легко выделяются в общей массе измерения по своей значительной ( или незначительной величине).

# Основные типы геологических задач, решаемых математическими методами

Наиболее часто встречающиеся применения математических методов в геологии:

1. Оценка средних значений измеряемых признаков и характеристика их изменчивости, выявление аномалий.
2. Математическое описание распределения значений признака на объектах изучения.
3. Установление характера и силы связи между несколькими признаками.
4. Математическое описание установленных корреляционных зависимостей.
5. Решение вопроса сходства-различия изучаемых признаков, объектов, процессов и явлений.
6. Установление закономерностей и случайной составляющих изменчивости изучаемых параметров.
7. Оценка прогнозных ресурсов изучаемых площадей.
8. Выбор сети наблюдений для опробования и разведки месторождений.
9. Моделирование геологических явлений с целью познания особенностей протекания геологических процессов (осадконакопления, магматизма, роста кристаллов и т.п.)

# **Виды геолого-математических моделей**

**Моделирование процессов и явлений применяется при изучении систем, неподдающихся экспериментальным исследованиям и строгому описанию вследствие одновременно действующих многочисленных факторов.**

**При их описании строгое понятие «закон» заменяется расплывчатым понятием «модель».**

**Понятие «модель» обеспечивает лишь приближенное представление о возможном протекании процесса и вероятном его результате.**

# Виды геолого-математических моделей

Модели бывают:

- **физические** (аэродинамическая труба)

- **геометрические** (карты, разрезы, трехмерные макеты)

- **понятийные** (являются определением какого-либо процесса или явления)

- **математические** (абстрактный аналог физических, геометрических и понятийных моделей, в которых события, содержание соотношения и т.п. заменены математическими символами, связанными между собой определенными отношениями)

# Виды геолого-математических моделей

Различают детерминированные и стохастические (вероятностные) математические модели.

Детерминированная модель – аналитическое представление закона т.е. ситуации, где для данной совокупности значений всегда может быть получен единственный, всегда постоянный результат

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Стохастическая модель содержит случайный элемент (случайную составляющую)  $\Lambda$ .

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \pm \Lambda$$

и если дана некоторая совокупность исходных значений, то в результате получаются близкие, но различающиеся между собой конечные результаты.

Поскольку большинство природных явлений носит именно стохастический характер вследствие великого множества факторов, влияющих на их результат, то одной из основных задач математических методов является **оценка вероятности** того или иного результата, его значимости или бессмысленности.



## Краткая историческая справка

- Развитие и применение методов теории вероятности было связано с азартными играми



- Современное приложение теории вероятности:
- кинетическая теория газов,
- теория стрельбы,
- ядерная физика,
- расчет космических полетов и т.п.

# Некоторые положения теории вероятности

Первичными понятиям в теории вероятностей являются:

*Событие* – результат опыта или естественного явления, который может быть получен или не получен при данных условиях

*Вероятность* – является количественной мерой возможности события при данных условиях.

Если наступление события при данных условиях исключено, то такое событие является *невозможным* и ему приписывается вероятность равная нулю.

Если событие при данных условиях обязательно наступает, то его называют *достоверным* и его вероятность равна единице.

Если же событие при данных условиях может наступить, а может и не наступить, то оно называется вероятным и тогда говорят, что оно может произойти с *некоторой вероятностью*.