



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ  
МГУ ИМЕНИ  
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in  
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

# МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

КОРОЛЕВ  
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ  
—  
ГЕОЛФАК МГУ

КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН  
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ  
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ  
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.  
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ  
НА [VK.COM/TEACHINMSU](https://VK.COM/TEACHINMSU).

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ  
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,  
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,  
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ  
[VK.COM/TEACHINMSU](https://VK.COM/TEACHINMSU).



БЛАГОДАРИМ ЗА ПОДГОТОВКУ КОНСПЕКТА  
СТУДЕНТКУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ  
**ЛЮБИЦКУЮ АЛЬБИНУ ВЛАДИСЛАВОВНУ**

---

## Содержание

<b>Лекция 1. Введение в дисциплину.....</b>	5
1.1. Цели и задачи курса .....	5
1.2. Структура курса.....	6
1.3. Литература к курсу.....	6
1.4. Основные понятия .....	7
1.5. Понятие о научном исследовании. ....	9
1.6. Постановка темы исследования.....	10
<b>Лекция 2. Логика в научном исследовании .....</b>	14
2.1. Логика, структура логики.....	14
2.2. История логики .....	14
2.3. Основные категории логики .....	18
<b>Лекция 3. Логика суждений.....</b>	24
3.1. Суждение. Структура суждений.....	24
3.2. Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации) .....	24
3.3. Логика суждений.....	27
3.4. Логика умозаключений .....	29
<b>Лекция 4. Сложный силлогизм. Дедукция и индукция .....</b>	34
4.1. Сложный силлогизм.....	34
4.2. Законы логики (мышления) .....	34
4.3. Сопоставление дедукции и индукции .....	43
<b>Лекция 5. Теория познания и её применение в инженерной геологии. Организация НИР.....</b>	44
5.1. Теория познания (гносеология).....	44
5.2. Современная гносеология .....	47
5.3. Организация научно-исследовательской работы .....	50
<b>Лекция 6. Общенаучные методы исследования .....</b>	54
6.1. Общенаучные методы исследований .....	54
6.2. Научный эксперимент .....	59
6.3. Теория планирования эксперимента .....	61
<b>Лекция 7. Анализ и синтез в инженерной геологии и её научных направлениях. Системный анализ в инженерной геологии. Синергетика в инженерной геологии.</b>	

<b>Аналогия. Метод инженерно-геологических аналогий. Теория подобия в инженерной геологии.....</b>	65
<b>7.1. Общенаучные методы исследований. Теоретический уровень .....</b>	65
<b>7.2. Системный анализ в ИГ .....</b>	66
<b>Лекция 8. Гипотеза и её виды. Гипотетический метод познания в инженерной геологии. Открытые гипотезы инженерной геологии. Доказательство гипотез. Закономерность и закон в инженерной геологии, их соотношение. Открытие закономерностей и законов. ....</b>	75
<b>8.1. Гипотетический метод познания в инженерной геологии.....</b>	75
<b>8.2. Гипотезы в инженерной геологии .....</b>	77
<b>8.3. Доказательство гипотез .....</b>	78
<b>8.4. Общенаучные методы исследований. Теоретический уровень .....</b>	80
<b>Лекция 9. Основы номологии. Классификация геологических законов. Представления И.П.Шарапова, В.И.Вернадского и др. Номологическая база инженерной геологии. Законы грунтоведения, инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии. ....</b>	85
<b>9.1. Закон как обобщенный метод исследований. Основы номологии .....</b>	85
<b>9.2. Законы грунтоведения .....</b>	89
<b>Лекция 10. Научная теория .....</b>	92
<b>10.1. Научная теория в инженерной геологии.....</b>	92
<b>10.2. Структура научной теории. ....</b>	93
<b>10.3. Эволюция научной теории.....</b>	94
<b>10.4. Теории инженерной геологии .....</b>	95
<b>10.5. Таксономия, как обобщенный метод исследований .....</b>	97
<b>10.6. Типология.....</b>	98
<b>10.7. Типизация.....</b>	98
<b>10.8. Классификация .....</b>	100
<b>Лекция 11. Апробация результатов научно-исследовательской работы .....</b>	103
<b>11.1. Определение и цели апробации.....</b>	103
<b>11.2. Устная апробация НИР .....</b>	103
<b>11.3. Письменная апробация НИР .....</b>	106
<b>11.4. Практические вопросы по подготовке диссертации .....</b>	108
<b>11.5. Защита магистерской диссертации .....</b>	110

## **Лекция 1. Введение в дисциплину**

### **1.1. Цели и задачи курса**

Данный курс нацелен на подготовку студентов к научной и преподавательской деятельности, что является главной целью обучения в магистратуре.

#### **Особенности учебы в магистратуре:**

**Значительная доля научно-исследовательской работы.**

1. Подготовка **ученого-исследователя и преподавателя**.
2. Значительная роль **самостоятельной** работы при минимальной аудиторской нагрузке
3. Итог – защита магистерской диссертации – квалификационной работы, содержащей новые **защищаемые научные положения** и присуждение ученой степени магистра.

Курс нацелен на возможность студентов изучить и познать современные теории методологии и методические основы научно-исследовательской работы применительно к запросам инженерной геологии (ИГ) и экологической геологии (ЭГ).

#### **Задачи курса:**

1. Ознакомиться с творческими приемами и методами получения новых ИГ и ЭГ знаний и решения познавательных задач;
2. Изучить способы организации и ведения научно-исследовательской работы (НИР);
3. Ознакомиться с элементами теории пространственно-временной изменчивости геологической среды;
4. Изучить методы планирования, проведения, обработки и интерпретации экспериментальных исследований, представления и защиты их результатов.

В результате освоения курса магистр должен **знать**:

- Основы теории познания, методы достижения нового знания: как и какими методами достигается научное знание в ИГ – один из центральных вопросов, который необходимо освоить;
- Приемы формулировки новых явлений, свойств, закономерностей, законов, гипотез и теорий, а также защищаемых положений и их доказательств;
- Основные позиции теории пространственно-временной изменчивости геологической среды (теории поля геологического параметра) и современные подходы к классификации и систематизации объектов ИГ и ЭГ.

Магистрант должен **уметь**:

- Решать познавательную ИГ или ЭГ задачу – получать **новое** знание;
- Спланировать, организовать и провести эксперимент;

- Выделять системы опробования геологической среды с учетом теории поля геологического параметра и с учетом неоднородности строения геологической среды;
- Проводить математический анализ, обработку и представление результатов исследований

В результате освоения курса магистрант должен **владеть**:

- Применением законов логики и способами доказательств;
- Эвристическими методами исследования;
- Приёмами и методами решения познавательных задач (анализ, синтез, дедукция, индукция, системный анализ, классификация, типизация, систематизация и т.п.);
- Практическими навыками изучения полей геологических параметров;
- Приемами и методами представления результатов исследования (доклад, статья, монография и т.п.)

## 1.2. Структура курса

**Основные разделы лекций:**

1. **Теория и методология научного исследования**
  - Основы логики, логика в НИР
  - Теория познания – гносеология (общенаучные методы исследований)
  - Построение гипотезы, теории, выявление закономерностей, законов
2. Проведение и организация научного исследования
  - Схема решения познавательной задачи
  - Апробация НИР
  - Организация и планирование НИР
3. Сбор и обработка ИГ- или ЭГ- информации, элементы теории пространственно-временной изменчивости геологической среды
4. Защита и оформления результатов НИР. Подготовка диссертации.

## 1.3. Литература к курсу

1. **Королёв В. А., Трофимов В. Т.** Инженерная геология: история, методология и номологические основы. – КДУ Москва, 2016. – С. 292 (КОНСПЕКТ к середине декабря)
2. **Бондарик Г. К., Ярг Л. А.** Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские методологические основы геологии / Уч. пособие – М., Библионика, 2006 – 320 с.
3. **Радугин А. А., Радугина О. А.** Философия науки / Уч. пособие. – М., Библионика, 2006. – 320 с.
4. **Коэн М., Нагель Э.** Введение в логику и научный метод / Пер. с англ. – Челябинск, Социум, 2010, 655 с.

5. Философия науки: наука как инновационная деятельность / под ред. С. А. Лебедева. – М., 2008
6. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов / Под ред. В. Т. Трофимова. – М., ОАО «Геомаркетинг», 2012, 320 с.
7. *Латыпов Н. Н., Ёлкин С. В., Гаврилов Д. А.*, Инженерная эвристика., 320 с.
8. *Самарин Е.Н., Бершов А. В., Фоменко И. К.* Курс лекций по методам статистической обработки инженерно-геологической информации. // Методическое пособие по курсу: «Математические методы и ГИС-технологии в инженерной геологии». – М., Изд-во МГУ, 2004, 197с.
9. *Сергеев Е. М. и др.* Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы. – М., Недра, 1986, 256 с.
10. *Трофимов В. Т., Аверкина Т. И.* Теоретические основы региональной инженерной геологии. – М., ООО «ГЕОС», 2006, 464 с.
11. *Голикова Т. И., Никитина Е. П., Терехин А. Т.* Математическая статистика / М., Изд-во МГУ, 1981 – 185 с.
12. *Декарт Р.* Сочинения. – С.-Пб., Наука, 2006, - 650 с.
13. *Крутов В. И. и др.* Основы научных исследований. – М., Высшая школа, 1989
14. *Добреньков В. И., Осипова Н. Г.* Методология и методы научной работы. / Уч. пособие. – М., КДУ, 2009, -276 с.
15. *Пендин В. В.* Комплексный количественный анализ в инженерной геологии. / Уч. пособие, М., КДУ, 2009 – 350 с.
16. *Крутъ И. В.* Исследование оснований теоретической геологии. – М., Наука, 1973 – 201 с.
17. *Кузин Ф. А.* Диссертация: Методика написания. Правила оформления. Порядок защиты. – М., 2000
18. *Мирский Э. М.* Фундаментальные и прикладные исследования // Новая философская энциклопедия: в 4 т. – М., 2003, т.4
19. *Шарапов И. П.* Метагеология: Некоторые проблемы. – М., Наука, 1989, 208 с.
20. *Швырев В. С.* Научное познание как деятельность. – М., 1984

Данный курс, ориентированный специально на магистров, является мировоззренческим и представляет собой методологическую основу для выполнения диссертаций.

#### 1.4. Основные понятия

##### Понятие о науке

**Наука** – особый вид познавательной деятельности, направленный на получение, уточнение и производство новых объективных, системно-организованных и обоснованных знаний о природе, обществе и мышлении.

«Наука – логически организованная система теорий, а не механическая совокупность их» (Копнин, 1974).

Наука – одна из форм общественного сознания. От прочих форм общественного сознания наука отличается тем, что она производит новые объективные обоснованные знания.

Инженерная геология и экологическая геология – науки геологического цикла.

### **Этапы развития науки**

#### **1. Доклассический:**

- Античный ( 1 тыс. до н. э. – V в. н. э.) – Аристотель, Платон (логика, умозрение)
- Средневековый (V – XV вв.) – схоластика, арабский восток
- Периода Возрождения ( XVI в.) – Леонардо да Винчи, Коперник, Д. Бруно, Макиавелли

#### **2. Классический:**

XVII – конец XIX в. (наука Нового времени – наука, основанная на достижениях физики и математики: Т. Браге, Кепплер, Галилей, классическая механика Ньютона, математизация науки, дифференциация науки, социальные и др. науки)

#### **3. Неклассический:**

конец XIX – 1970-е гг. (теория относительности, квантовая механика и т.п.)

#### **4. Постнеклассический:**

1970-е гг. – по наст. время (междисциплинарные исследования, сверхсложные системы, новые глобальные вызовы, общее информационное пространство и т.п.)

В гносеологии (теории познания) науку часто определяют как:

деятельность по выявлению проблем незнания и, соответственно, производства нового знания в ответ на решаемые проблемы.

**Онтология науки** – реальность, которую формирует и изучает конкретная наука (предмет и объект науки). (Любое исследование имеет свой предмет и объект).

**Гносеология** (от греч. *gnosis* – знание и *logos* – слово, наука) – наука о познании, теория познания, раздел философии (синоним – эпистемология).

**Гносеология наука** – представления о структуре научного познания, способах формирования теорий, научной истине, соотношении знания и практики

**Методология науки** – это учение о методах и процедурах научно-познавательной деятельности, а также раздел общей теории познания, в

особенности, теории научного познания (эпистемологии) и философии науки (методология науки опирается на методы).

### **Онтология науки**

**Объект науки** – объективные (материально существующие) компоненты материи, подлежащие всестороннему изучению в рамках данной науки.

**Предмет науки** – понятийная модель объекта (идеальная), создаваемая в связи с конкретной целью исследования (Шарапов, 1977). Таким образом, предмет исследования науки не материален, а является идеальным отражением объекта в сознании исследователя. Одному и тому же объекту может соответствовать несколько предметов исследований.

### **1.5. Понятие о научном исследовании.**

**Метод познания** – способ получения новых знаний.

**Уровни познания:** эмпирический и теоретический.

**Научный метод познания** – предметный и объективный способ рассмотрения (исследования) мира, отличает науку от иных способов познания, таких как обыденное, художественное, религиозное, мифологическое постижение мира.

**Научное исследование** – целенаправленное познание, результаты которого выступают в виде системы понятий, законов и теорий.

**Отличия (признаки) научного исследования:**

1. **Целенаправленность**
2. Новизна (поиск нового, творческий процесс)
3. **Доказательность**
4. Проверяемость (фактами, опытом)
5. **Предсказуемость (прогноз, а не предсказание)**
6. Систематичность (и самого исследования, и результатов)

**Цель научного исследования:**

- найти общее у ряда единичных явлений;
- вскрыть законы (закономерности) их возникновения (генезиса), функционирования, развития (эволюции) и, таким образом –
- познать их сущность

**Этапы научного исследования:**

1. Проблематика. Строится на запросах науки и запросах практики
2. Постановка научной проблемы и задач
3. Анализ информации, выдвижение гипотез по решению проблемы (проверка гипотез на опыте и отбор гипотез (теорий))
4. Разработка теории и ее доказательство

5. Внедрение в науку и практику
6. Появление новой проблемы, более общей и более глубокой

Этот процесс бесконечен. На каждом новом уровне, в том числе и временном, объект познается с новой стороны.

#### **Структура (алгоритм) научного исследования:**

1. Постановка проблемы
2. Сбор информации, фактов
3. Анализ результатов (их систематизация, поиск закономерностей и т. п.)
4. Обобщение (синтез) – формулирование гипотез, теорий, законов
5. Прогноз (формулирование следствий из обобщений (на базе логики))
6. Проверка (критика) и внедрение

#### **Направления научных исследований**

**Фундаментальные научные исследования** – глубокое и всестороннее исследование предмета с целью получения новых основополагающих знаний, а также с целью выяснения закономерностей выясняемых явлений, результаты которых не предполагаются для непосредственного промышленного использования.

Термин «фундаментальность» (на латыни *fundare* – «основывать») отражает направленность этих наук на исследование первопричинных, основных законов природы.

**Прикладные научные исследования** – исследования, которые используют достижения фундаментальной науки для решения практических задач. Результатом исследований является создание и совершенствование новых технологий.

Оба этих направления надо рассматривать, как совершенно равноправные, хотя и очень тесно взаимосвязанные.

#### **Результаты научных исследований:**

1. Научные труды (доклады, статьи, монографии, диссертации, учебники и т.п.)
2. Научно-технические разработки (НИОКР и т.п.)
3. Технологии
4. Промышленное производство (промышленные технологии)
5. Руководящие документы (исследования строятся на произвольной основе, а все изыскания строго регламентировано по ГОСТам и другим нормативным документам)

#### **1.6. Постановка темы исследования**

##### **Постановка темы исследования включает:**

1. Формулировку темы – названия (краткая суть решаемой проблемы)

2. Обоснование актуальности темы (формулировка проблемной ситуации – что надо переделать?)
3. Определение **предмета и объекта** исследования (онтология)
4. Формулировку цели исследования
5. Формулировку задач (для достижения цели)

**Научная проблема** – это осознание и формулирование концепции о незнании некоторого явления, предмета, процесса и т.п.

**Концепция** – в методологии наук – упорядоченная система взглядов на что-либо

Под проблемой также иногда понимают **противоречивую ситуацию**, проявляющуюся в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов и процессов

**Научная проблематика** – крупное обобщенное множество сформулированных научных вопросов, которые охватывают область будущих исследований, требующих изучения и решения в рамках данной науки («Знание о незнании»).

### Общие типы проблем

1. Хорошо **структурированные** проблемы – количественно (математически) сформулированные (например, в математике – теорема, которую надо доказать)
2. **Неструктурированные** проблемы – качественно сформулированные (в инженерной геологии 99% проблем неструктурированные)
3. **Смешанные** или слабо структурированные проблемы – содержат элементы первых двух с доминированием качественных:
  - Их решение зависит от неполноты текущей информации
  - Имеется много альтернатив решения
  - Решения содержат элементы риска (получение неправильных необоснованных результатов)

**Схема инженерно-геологической проблематики**  
(по Королеву В. А., 2010)

Названия научных проблем инженерной геологии			
Теоретические (фундаментальные) проблемы			
Общие инженерно-геологические	Проблемы основных направлений		
	грунтоведения	инженерной геодинамики	региональной инженерной
1. Общетеоретическая (создание общей теории ИГ)	1. Изучения глобального многообразия грунтов	1. Геодинамического прогнозирования	1. Районирования
2. Обеспечения устойчивости ЛТС (ПТС)	2. Создание общей теории формирования свойств грунтов	2. Управления массивами (процессами)	2. Регионального прогнозирования
3. Оценка зон влияния ЛТС (ПТС)		3. Оценки изменчивости свойств	
4. Прогнозирования			
5. Управления ЛТС (ПТС)			
6. Эмерджентности			
7. Инженерной геологии небесных тел			

Названия научных проблем инженерной геологии	
Прикладные проблемы	
Научно-организационные	Нормативно-методические
1. Совершенствования структуры инженерной геологии в стране (РАН, министерства и т.п.)	1. Совершенствования нормативно-методической базы
2. Прогнозы развития инженерной геологии	2. Разработки регламентов инженерных изысканий в строительстве
3. Совершенствование системы СРО АИИС	3. Переход от образца к массиву (в изысканиях)

## Задачи исследования

**Научная задача** – четко сформулированные и необходимые действия (процедуры, операции), направленные на решение того или иного вопроса, обозначенного в рамках определенной научной проблемы, на достижение поставленной цели.

Перечень и очередность задач отражают стратегию и тактику исследования.

### Правила формулирования проблем и задач:

**Формулировка названия** проблемы – краткое изложение сути исследования (одной фразой).

**Формулировка проблемы** должна даваться в форме вопросительного предложения, в котором заключается *суть излагаемого названия* рассматриваемого предмета, суть обобщения вопросов (Как?..., Каким образом...?, Почему...? и т.п.)

**Формулировка задачи** должна приводиться в форме повелительного предложения, в котором четко излагается суть того, что *необходимо сделать* в ходе разработки соответствующей проблемы, т.е. для перевода «незнания», обозначенного в проблеме, в «знание» (Найти..., определить..., выявить... и т.п.).

## Лекция 2. Логика в научном исследовании

### 2.1. Логика, структура логики

**Логика** – наука о формах и законах правильного мышления, она дает метод отыскания новых знаний при переходе от известного к неизвестному. Современная логика делится на два больших раздела: формальная логика и диалектическая логика (Рис. 2.1.).



Рис. 2.1. Структура современной логики

Формальная логика, в свою очередь, делится на два раздела: силлогистика – это наиболее старый раздел логики, с которого и началась вся логика, и математическая логика – логика, переведенная на язык математики.

Диалектическая логика больше рассматривает философские вопросы, нежели методологические, как в формальной логике.

### 2.2. История логики

Основоположником формальной логики является Аристотель. Аристотель был учеником Платона. С 343 до н. э. – воспитатель Александра Македонского. В 335/4 г. до н. э. основал Ликей (Лицей). Создал понятийный аппарат, который до сих пор пронизывает логику, философию и стиль научного мышления.

#### Вклад Аристотеля в логику:

- Разработал понятийный аппарат логики и философии (разработал терминологию)
- Обосновал теорию суждений и доказательства (дедукция – основное средство доказательства)

#### Дедукция – вывод частного положения из общего:

Общее высказывание (аксиома, постулат, гипотеза, «общее») → цепь логических рассуждений → частный вывод (теорема, «частное»).

1. Знание о каждом отдельном свойстве предмета должно быть приобретено из опыта;
2. Убеждение в том, что это свойство – существенное, должно быть доказано умозаключением особой логической формы – категорическим силлогизмом.

**Силлогизм** – умозаключение, состоящее из двух посылок (суждений) и заключения (вывода), сделанного на их основе.

**Силлогистика** – раздел логики, посвященный анализу получения вывода на основе суждений.

• Сформулировал **три закона логики**

Главная мысль Аристотеля – это анализ суждений по их форме, отвлекаясь от их содержания.

Сочинения Аристотеля по логике: **«Органон»** - шесть логических трактатов (такое название им дал Андроник Родосский):

1. **«Категории»** - введение основных категорий: предмет, определение, качество, противоречия, противоположности и т. д.

2. **«Об истолковании»** - анализирует высказывание, виды, утверждения, отношения между высказываниями.

3. **«Топика»** - приёмы аргументирования («топы» - «диалектические места»), правила высказываний (силлогизмов).

4. и 5. **«Первая аналитика»** и **«Вторая аналитика»** - теория суждений и доказательства.

6. **«Софистические опровержения»**. Софисты – платные преподаватели красноречия в древней Греции.

**Софизм** (от – мастерство, умение, хитрая выдумка, уловка) – ложное умозаключение, которое, тем не менее, при поверхностном рассмотрении кажется правильным. Софизм основан на преднамеренном, сознательном) нарушении правил логики.

Труды Аристотеля оказывали огромное влияние на развитие всей последующей науки в течение последующих двух тысячелетий.

В период Средневековья (7-14 века), когда господствовала **схоластика** (синтез богословия и аристотелевской логики), все трактаты Аристотеля по логике были канонизированы церковью. Опираясь на эти канонизированные работы, многие ученые Средневековья и последующих эпох отстаивали свою точку зрения. Но в эпоху Средневековья логика находилась в определенном застое, поскольку развития идей Аристотеля не происходило. Так длилось до эпохи Возрождения.

В эпоху Возрождения был провозглашен переход к опыту – опыт ставился во главу любого научного исследования. Это дало новое развитие логике Аристотеля.

*«Вместо абстракций – к опыту» Леонардо да Винчи*

В Новоё время (период 16-17xx веков) благодаря работам Фрэнсиса Бэкона произошел резкий перелом во взглядах на логику.

Фрэнсис Бэкон (1561 – 1626) – английский философ, историк, политический деятель, основоположник эмпиризма и индуктивного направления в логике («метод Бэкона»).

- Основное сочинение – «Новый органон» (1620)
- Индукция: от частного к общему:

Наблюдение → эксперимент → гипотеза → её проверка → теория

Бэкон не вводил понятие индукции – оно было известно и во времена Аристотеля. Но Аристотель считал, что индукция может завести в тупик и привести к ложным выводам. Бэкон же считал, что дедукция, идущая по пути от общего к частному, не даёт прибавки нового знания. Новоё знание, по его мнению, есть анализ некоторых частных фактов и обобщение на их основе.

Среди соратников Бэкона был и Рене Декарт.

**Рене Декарт** лат. *Renatus Cartesius* – Картизий; (1596-1650) – французский математик, философ (дуалист), физик.

- Основоположник «скептицизма» и «рационализма» («сомнение во всём») – «картизианство».
- Развил далее формальную логику:

Силлогизм считал лишь средством изложения истин уже известных, добытых другими путями. Вместо него ввёл «синтез».

- Основной труд: «Рассуждение о методе» (1637).

## 18 век – век просвещения

Немецкие философы, среди которых **Иммануил Кант**, внесли огромный вклад в развитие логики, поставив её на новую основу.

Иммануил Кант (1724 – 1804) – немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии.

Главное философское произведение Канта – **«Критика чистого разума»** (1787) – теория познания (гносеология). Вторая часть этого труда так и называется – **Трансцендентальная логика**, где он рассматривает главные вопросы применения логики в научных исследованиях, анализирует синтетические и аналитические суждения.

**Трансцендентальный** – т. е. «перешагивающий» определенный познавательный рубеж.

**Основной вопрос «Как возможно чистое знание?»** («чистый» означает «неэмпирический», то есть такой, к которому не примешивается ощущение). Указанный вопрос Кант формулировал в терминах различия аналитических и

синтетических суждений – «Как возможны синтетические суждения априори?» (т.е. вне опыта).

**«Синтетическое» суждение** – умозаключение с приращением содержания, по сравнению с содержанием входящих в суждение понятий.

**«Аналитическое» суждение** – раскрывает смысл самих понятий.

Статья: «*Ложное мудрствование в 4-х фигурах силлогизма*» (1762) – сформулировал логический принцип (закон) достаточного основания – 4-й закон логики.

**Джон Стюарт Милль** (1806-1873) – английский философ, мыслитель и экономист.

**Основной труд – «Система логики»:**

1. Критерием истины является опыт; истинным умозаключением можно назвать только такое, которое строго согласуется с объективной реальностью, с фактами. Все наше знание имеет опытное происхождение. Априорных истин, независимых от опыта, не существует.

2. Развил теорию индукции и дедукции: «четыре метода Милля», позволяющие найти причину любого явления (методы согласия, различия, остатков и сопутствующих изменений) – **логика причинности**.

Далее происходит формирование принципиально нового направления логики.

**Джордж Буль** (1815 – 1864) – английский математик и логик.

- «Перевел» логику на язык математики и применил математику (символы) к теории умозаключений («исчисление высказываний»):

$y=f(x)$ , где  $y$  – вывод,  $x$  – суждения

**Основные труды:**

«Математический анализ логики» (1847);

«Исследование законов мышления, на которых основываются математические теории логики и вероятностей» (1854).

Примерно в это же время (19-й век) вершиной философской логики стали работы **Гегеля**, как основателя **диалектической логики**.

**Георг Вильгельм Фридрих Гегель** (1770 – 1831) – немецкий философ.

**Основная работа: «Наука логики»** (1812-1816 гг. в 3-х частях).

- Наука логики – изложение «Абсолютной Идеи» в ее необходимом развертывании. Именно в этом смысле «Наука логики» является фундаментом всей системы гегелевской философии.

- Не опровергал формальную логику, но развивал понимание логического до уровня спекулятивного (т.е. отвлеченного рассуждения).
- «Формально-логическое» по Гегелю является чем-то недостаточным, рассудочным, неполным изображением «Логики» как жизни «Идеи». Только спекулятивное, в котором формально-логическое (рассудочное) преодолевается диалектически, и является по Гегелю истиной «Логикой».

#### Выводы:

- Логика – одна из самых старых наук
- Прошла путь от силлогистики до диалектической логики
- Не потеряла значения и сегодня (соединение с математикой)

### 2.3. Основные категории логики

#### Научное понятие

**Понятие** – мысль, отражающая существенные и необходимые признаки предмета или явления (термин, название).

Понятия классифицируют по разным признакам.

#### Признаки понятий:

- **Существенные** (основные) и **несущественные**

«Лай – недостаточный признак собаки» (И. Кант).

Пример: «Треугольник – прямолинейная плоская фигура с тремя сторонами». Все, что подчеркнуто, является существенным признаком – нельзя выбросить ни одного слова.

- **Утверждающие и отрицающие**
- **Плодотворные и неплодотворные**

При характеристике инженерно-геологических объектов нужно стараться оперировать именно существенными признаками.

#### 5 классов различий признаков понятий (по Аристотелю):

1. **Родовой признак** или род (*genus*) – признак понятия класса, в который мы вводим другой признак

Пример: «Порода, состоящая из кальцита – известняк». Порода – родовой признак, состоящая из кальцита – видовое различие, известняк – вид.

2. **Видовое различие** (*differencia specifica*) – существенный признак, выделяющий понятие из ряда ему подобных

3. **Вид** (*species*) – комбинация рода и видового признака

4. **Собственный признак** (*proprium*) – такой, который присущ всем видам данного класса и может быть выведен из существенных признаков.

**Пример:** «*Сумма углов треугольника равна 180 градусов*» - собственный признак, выводится из существенного.

5. **Несобственный признак** (*accidens*) – не выводится из существенных, но может быть присущ всем видам данного класса.

**Пример:** «*Каолин имеет белый цвет*» - причина цвета не выводится (не известна или не очевидна).

При определении любого научного термина необходимо использовать соподчинение родового признака, видового различия и вида, основываясь на собственных признаках этих понятий.

Как пример использования этих пяти классов по Аристотелю в науке можно привести «*Аналогию различия признаков понятий и систематики*» К. Линнея, автора «*Биноминальной номенклатуры растений и животных*», где и соединил видовые различия и род. Комбинация рода и вида дает биноминальную номенклатуру.

**Пример:** *Homo sapiens* – род + вид

Попытка создания биноминальной номенклатуры для неживой природы (например, систематика горных пород) ни к чему не привела.

#### **Подразделение понятий:**

А) по признаку **отношения к характеризуемому предмету**:

- 1) **общие** (геоболочка); 2) **единичные** (каолинит); 3)  
**собирательные** (горная порода)

Б) по признаку **конкретности содержания**:

- 1) **конкретные**; 2) **абстрактные**

В) по признаку **парности**:

- 1) **абсолютные** (пласт); 2) **относительные** (перекрывающий и подстилающий)

Г) по признаку **отношений между понятиями** (см. ниже):

- 1) **тождественные** (имеющие одинаковое содержание);
- 2) **равнозначные** (имеют одинаковый объем, но разное содержание);
- 3) **подчиненные и соподчиненные**;
- 4) **противоположные и противоречащие**;
- 5) **скрещивающиеся** и др.

Д) по признаку **сравнения**:

- 1) **несравнимые** (нет ближайшего родового понятия) и **сравнимые**;
- 2) **положительные** (наличие черты, признака) и **отрицательные**

### Содержание и объём понятий

Содержание понятия – совокупность его признаков

Объём понятия – круг тех предметов, на которые распространяется понятие

Рассмотрим на примере логической схемы в виде логических кругов (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Графическое изображение отношений объемов понятий с помощью логической символики

Горная порода – понятие большего объема, в рамках которого мы можем выделить такие понятия, как гранит и базальт. Объем этих понятий меньше, чем объем понятия «горная порода», но содержание понятий «гранит» и «базальт» больше, чем содержание понятия «горная порода». Так, при упоминании термина «гранит» вырисовывается определенный минеральный состав, и понятие становится конкретным. Под понятием «горная порода» можно подразумевать что угодно.

Для того, чтобы разбираться в соотношении объема и содержания понятий, используют **логическую пирамиду понятий** (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Логическая пирамида понятий

Содержание и объем понятия находятся друг к другу в обратном соотношении – правило обратного отношения.

В вершине пирамиды – понятие большего объёма, но меньшего содержания, внизу пирамиды – понятие меньшего объёма, но большего содержания.

Многие классификации строятся на базе учета логической пирамиды понятий – подобные классификации являются обоснованными и естественными. Пример естественной классификации – Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева.

Операция перехода сверху вниз в пирамиде называется ограничение, противоположная операция перехода – обобщение: снизу вверх идет синтез, сверху вниз – анализ. Сверху вниз идем путем дедукции, снизу вверх – индукции.

Отношения понятий легко пояснить с помощью логических схем (рис. 2.4).

### Отношения понятий

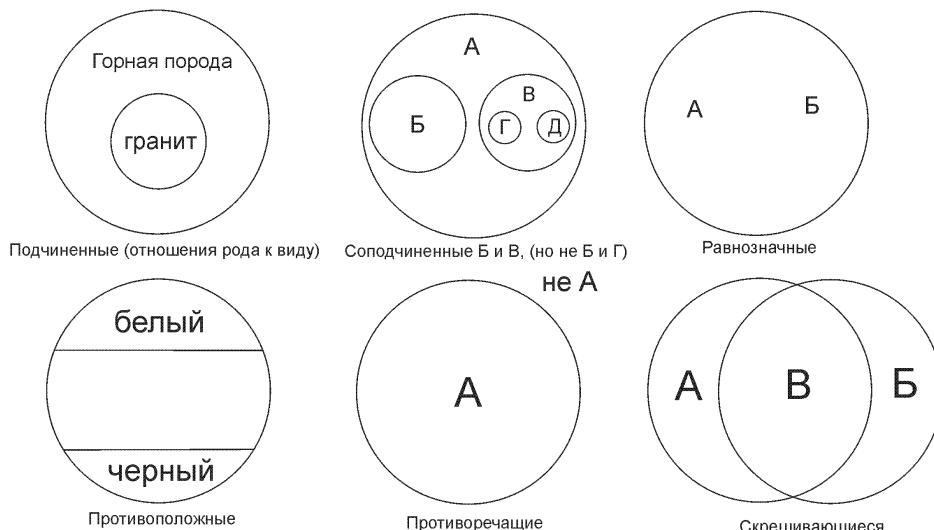


Рис. 2.4. Отношения понятий

Пример использования логической пирамиды понятий в инженерной геологии (рис. 2.5).

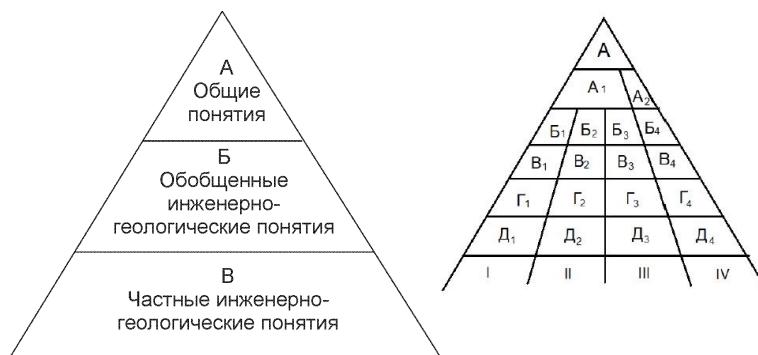


Рис. 2.5. Общая схема логической пирамиды понятий инженерной геологии (Трофимов, Королев, 2011) (слева); Логическая «пирамида понятий» инженерной геологии как основа системы её собственных научных категорий (Трофимов, Королев, 2011) (справа)

Общая схема мало что нам может дать, логическая «пирамида понятий» инженерной геологии является ее конкретным раскрытием, как основа систем ее собственных научных категорий. Она отражает весь ход использования в логической системе собственных понятий, которые применяются в инженерной геологии: от понятия об инженерной геологии вообще (вершина пирамиды) до понятий меньшего объема, но большего содержания. Каждая строка выводится на базе определенных критериев, которые мы вводим.

### Определение понятия (definition)

Определение – раскрытие содержания понятия (термина)

Виды определений:

- **Генетическое** – указывает, как возник предмет, процесс, явление и т.п. (раскрытие содержания через генезис)
- **Номинальное** – раскрывает этимологию, т.е. значение слова (получаем из словаря)
- **Предметное** – раскрывает не то, что означает слово, а то, что составляет его предмет, содержание

В логике определение понятия называют **дефиницией (definitio)**

**Дефиниция** – это логическое определение, состоящее из указания рода (*genus proximum*) и существенного видового признака (*differencia specificia*).

Значение определений в инженерной геологии:

- Конкретное и верное (не ложное) изложение мыслей

А – понятия об ИГ, её структуре (A<sub>1</sub>) и методические категории (A<sub>2</sub>); Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Б<sub>3</sub>, Б<sub>4</sub> – соответственно, понятия о грунтоведении (Б<sub>1</sub>), инженерной геодинамике (Б<sub>2</sub>), региональной ИГ (Б<sub>3</sub>) и их методиках (Б<sub>4</sub>); В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub> – соответственно, понятия о грунтах и грунтовых толщах и их систематике (В<sub>1</sub>), геодинамических процессах и их систематике (В<sub>2</sub>), инженерно-геологических структурах и их систематике (В<sub>3</sub>) и о методиках их изучения (В<sub>4</sub>); Г<sub>1</sub>, Г<sub>2</sub>, Г<sub>3</sub>, Г<sub>4</sub> – соответственно, понятия о факторах формирования свойств грунтов (грунтовых толщ), геодинамических процессов, инженерно-геологических структур и методах их изучения; Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub>, Д<sub>3</sub>, Д<sub>4</sub> – соответственно, понятия о параметрах (показателях) грунтов, геодинамических процессов, инженерно-геологических структур и методах их изучения; I, II, III, IV – соответственно, секции категорий грунтоведения, инженерной геодинамики, региональной ИГ, а также методов и методики инженерно-геологических исследований

- Определения – исходная терминология науки

### Логические правила и ошибки определений:

1. Определение надо давать через *существенные признаки* (не второстепенные!!!)
2. Определение должно быть *соразмерным* (не широким и не узким)
3. Определение *не должно делать круга* (замыкаться само на себя). Тавтология – определение через повторение того же термина
4. Определение не должно быть *отрицательным* (определение не того, что означает понятие, а того, что оно не означает)
5. Определение должно быть *ясным* (не использовать двусмысленные и малопонятные выражения)

### Деление понятий (divisio)

Определение раскрывает *содержание*, а деление – *объем* понятия

**Цель деления** – указать все виды, совокупность которых составляет объем данного понятия (делимое есть совокупность членов деления, род делим на виды и т.д.).

Признак, позволяющий разделить род на виды, называется *основанием деления*

### Приемы деления:

**Дихотомия** – понятие А делим на противоречащие: «Б» и «не Б»:

Грунты → скальные и нескальные; нескальные → глинистые и неглинистые и т.д.

### Правила деления

1. Деление должно быть соразмерно (адекватно), т.е. сумма видов должна быть равна делимому роду (ошибка – неполное деление)

2. Члены деления должны исключать друг друга:

Грунты: скальные, полускальные, дисперсные – формально, все исключается, но полускальные грунты – это подкатегория, которая обязательно должна быть оговорена.

3. Деление должно иметь одно основание:

Грунты: песчаные, глинистые, упрочненные – логическая ошибка (подмена оснований делений). Вначале делим по дисперсности, а дальше появляются упрочненные грунты – это другой признак.

4. Деление должно быть последовательно непрерывным (без скачков) – если деление объема понятий происходит в несколько ступеней, то оно должно быть плавным и последовательным.

## Лекция 3. Логика суждений

### 3.1. Суждение. Структура суждений

**Суждение** – мысль или форма мышления, в которой посредством связи понятий утверждается или отрицается что-либо.

#### Структура суждения:

Суждение состоит из **субъекта суждения** (S, в предложениях обычно это подлежащее, класс суждений) и **предиката** (P, свойство, особенность), соединенных связкой (словом «есть», сказуемое и т.п.)

#### Например:

«*Кальцит есть минерал*» или S есть P

С точки зрения математической логики:

$$P = f(S)$$

### 3.2. Исторические этапы логики суждений и риторики (аргументации)

#### 1. Древнегреческий этап (софисты, Сократ, Платон, Аристотель и др.)

- Софизм – ложное, но внешне верное, утверждение
- Софисты учили искусству спора, они могли, подобно современным адвокатам, показать, как защищать или оспаривать то или иное мнение, и не заботились о том, чтобы защищать свои собственные выводы.
- Критика софистов Сократом, Платоном, Аристотелем сыграла большую роль в развитии логики суждений

От софизма следует отличать парадоксы и апории.

#### Парадоксы и апории в науке:

- **Парадокс** – ситуация (суждение), которая может существовать в реальности, но не имеет логического объяснения
- **Апория** (от греч. *aporia* – безысходность) – логически верная ситуация (суждение), которая не может существовать в реальности
- **Антиномия** – противоречие двух законов

#### Пример парадокса: парадокс Евбулида (парадокс кучи):

«если к одной песчинке добавлять по одной, то когда образуется куча песка?» - переводя на язык грунтоведения, когда же будут проявляться свойства песка, характерные для образца? Обоснование парадокса сводится к переходу количественных изменений в качественные.

#### Апории в инженерной геологии

- **Апория гранулометрии:**

Обломок (частица) произвольной формы имеет бесчисленное число размеров. Следовательно, размер частицы произвольной формы нельзя определить (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Разные варианты эквивалентных размеров частиц неправильной формы

Подобных апорий в инженерной геологии достаточно много. В частности, одна из апорий связана с представительным размером образца. Что считать представительным размером? Ни размер, ни форма таких образцов, например, при оценке прочности на одноосное сжатие грунтов никак не определены. Они заданы в ГОСТе по соотношению диаметра и высоты цилиндрического образца, но представительность никак не обоснована.

**2. Древнеримский этап** (Цицерон и др.) – развитие риторики (теории аргументации) – людей необходимо убеждать в правоте тех или иных политических концепций.

**Марк Туллий Цицерон** (106 до н.э. - 43 до н.э.) - римский политик, философ, оратор, риторик

«*O tempora ! O mores!*»

В своих трудах Цицерон заложил основы теории аргументации.

**Труды Цицерона:**

- «Об ораторе»;
- «Брут» или «О знаменитых ораторах»;
- «Оратор»;
- «О наилучшем роде ораторов».

**Как строить речь:**

- В первую очередь оратору следует найти, что сказать
- Второе – разложить материал в строгом порядке
- Облечь в словесную форму
- Обязательно запомнить материал
- Произнести речь

**3. Средневековый этап** (Иоанн Златоуст, Григорий Богослов, Фома Аквинский, Михаил Псёлл и др.) - основывалась на риторике Аристотеля и Цицерона, применении её к церковным поучениям и проповедям.

На этом этапе вклад в теорию аргументации внесли богословы – с церковных кафедр произносились проповеди с целью убеждения.

**Иоанн Златоуст** (347 - 407) – архиепископ Константинопольский, богослов, схоласт.

- Фома Аквинский составил подробный анализ ложных умозаключений («*De fallaciis* »)

**Цель риторики** этого времени - «учить, побуждать, развлекать».

**Михаил Псёлл** (1018 - 1078) – византийский философ - схоласт, историк, риторик.

**Вклад схоластики в логику суждений:**

- Широкое внедрение силлогистики в науку
- Формализация суждений и выводов (расцвет формальной логики – до эпохи Возрождения)
- М. Псёлл ввел обозначения форм суждений, их обозначения и т.п.

**4. Этап эпохи Возрождения** – переработка и применение риторики к любой прозе и литературе. Именно в этот период речь во многих странах получила литературное обличие.

**Бальдассаре Кастильоне** (1478 - 1526) – итальянский риторик и писатель.

**Представители:**

- Бальдассаре Кастильоне - «Диалоги»
- Генри Пичем – «Сад красноречия» и др.)
- Выработка «высокого стиля».
- Отход от латыни и выработка национальных языков

**5. Этап Нового времени** - проникновение риторики во все области.

**Риторика в России:**

- М.В.Ломоносов «Риторика» (1748 г.), где изложены правила риторики, теория аргументации, основа логики суждения.
- А. С. Никольский - «Логика и риторика» (1790). Ввёл в обиход многие правила и понятия логики на русском языке и дал основы риторики.

**6. Этап XIX - XXI веков** - перерастание риторики в **теорию аргументации**. В настоящее время теория аргументации, основанная на логике суждений, перерастает в проблему создания искусственного интеллекта.

### 3.3. Логика суждений

Суждения, отвлекаясь от содержательной части, первым проанализировал Аристотель. Он выявил целый ряд их особенностей и, в частности, он указал характеристики, по которым можно подразделять суждения.

**Деление суждений на 4 группы:**

1. По качеству: **утвердительные и отрицательные**
2. По количеству: **общие, частные, единичные**
3. По отношению между S и P: **категорические, условные и разделительные**
4. По модальности (от лат. *modus* - способ, вид): **проблематические** (возможность), **аподиктические** (необходимость) и **ассерторические** (действительность)

**Утверждительные** суждения: *S есть P*

Пример: «Каолинит есть глинистый минерал»

**Отрицательные** суждения: *S не есть P*

Пример: «Каолин не есть глинистый минерал» (*a порода*)

Формулы **общих, частных и единичных** суждений:

Все *S* есть *P*

Некоторые *S* есть *P*

Отдельное *S* есть *P*

**Деление суждений по отношению между S и P:**

- Формула **категорических** суждений:

*S* есть *P*

- Формула **условных** суждений:

Если *A* есть *B*, то *C* есть *D*, где «Если *A* есть *B*» является *S* - основанием, «*C* есть *D*» является *P* - следствием

- Формула **разделительных** суждений:

*S* есть или *A*, или *B*, или *C*

**Деление суждений по модальности:**

- Формула **проблематических** суждений:

*S* вероятно есть *P* (возможность)

Такие проблематические суждения в научных исследованиях очень широко распространены, особенно при формулировании гипотез.

- Формула **аподиктических** суждений:  
*S необходимо должно быть P* (необходимость)
- Формула **ассерторических** суждений:  
*S есть P* (действительность)

### Соединение суждений (сложные суждения)

Соединение суждений по количеству и качеству = 4 новых вида суждений (рис. 3.1)

А - общеутвердительные (всякое S есть P)

Е - общеотрицательные (ни одно S не есть P)

I - частноутвердительные (некоторые S[F] есть P)

О - частноотрицательные (некоторые S[F] не есть P)

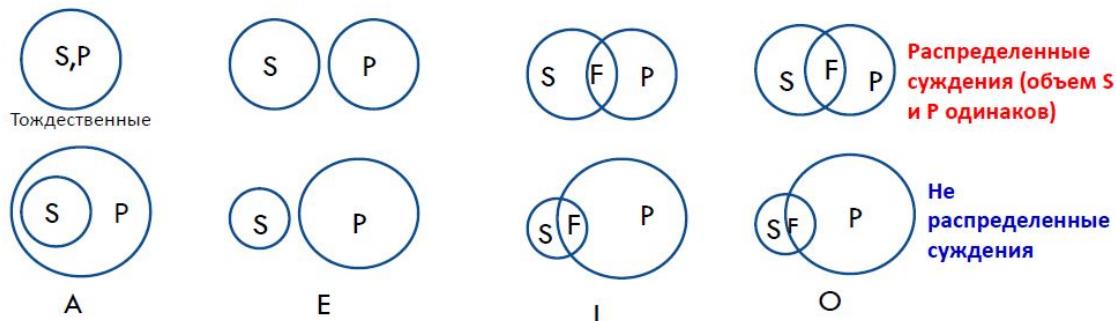


Рис. 3.2. Схема анализа соединения суждений

### Три вида отношений между суждениями:

- Отношения **тождества** (два суждения по-разному выражают одно и то же)

«Равносторонний треугольник есть плоская фигура с 3 равными сторонами»

«Равносторонний треугольник есть плоская фигура с 3 равными углами»

- Отношения **подчинения** (одно суждение есть частный случай второго и т.п.)
- Отношения **противоположности** (противоречия) – два суждения противоречат друг другу

Михаил Псёлл вывел логический квадрат, описывающий отношения между суждениями (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Логический квадрат, описывающий отношения между категорическими суждениями

#### Выводы (логические правила):

- **1.A-O, E-I:** Из 2-х противоречащих суждений 1-но ложно, а другое истинно (или 2 противоречащих суждения не могут быть одновременно истинными, или одновременно ложными)
- **2.A-E:** Из истинности одного из 2-х контрарных (противных) суждений (A и E) следует ложность другого, но из ложности одного не следует истинность другого
- **3.A-I, E-O:** Истинность частного (подчиненного) суждения находится в зависимости от истинности общего, но не наоборот
- **4.I-O:** Два субконтрарных (подпротивных) суждения могут быть одновременно истинными, но не могут быть одновременно ложными (обозначения AEIO введены М.Псёллом)

#### Общие выводы из анализа суждений

- 1) Сами по себе суждения (отдельно 1 или 2) мало что дают для процесса познания, но являются необходимым элементом мышления
- 2) На основе сопоставления (2 - x и более) суждений можно построить новое суждение умозаключение, являющееся «новым знанием»
- 3) Умозаключения (если они истинны) имеют наибольшую эвристическую ценность

#### 3.4. Логика умозаключений

##### От суждений к умозаключениям

**Умозаключение**—связь суждений, благодаря которой получаем новое суждение – вывод.

Аристотель первым заметил и описал разные формы умозаключений (в их субъективном значении), введя понятие силлогизма

**Силлогизм** – умозаключение, в котором из 2-х суждений необходимо вытекает из них выводимое и ими определяемое 3-е суждение – вывод.

**Силлогистика** – теория получения логических умозаключений

### Структура силлогизма

- Силлогизм состоит из 2-х суждений разного типа (посылок) и получаемого из них вывода (заключения)
- Первая посылка обозначается как **большая**, вторая – **меньшая** (в зависимости от объема понятий выбираем меньшую и большую посылки)
- Понятия в суждениях (посылках и выводе) называют **терминами**: меньший - S, средний – M и больший – P

Отношения между данными терминами определяются с помощью логических кругов, как отношения включения (рис. 3.4).

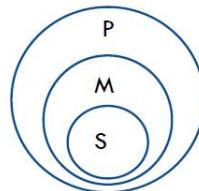


Рис. 3.4. Отношения между терминами силлогизма

**Пример силлогизма:**

- 1) «Эффузивные породы – это обычно плохо раскристаллизованные породы, содержащие стекло» - (M есть P) – **большая посылка**
- 2) «Базальт – эффузивная порода» - (S есть M) – **меньшая посылка**
- 3) «Следовательно базальт – плохо раскристаллизованная порода, содержащая стекло» - (S есть P) – **вывод**

Обращаясь к схеме (рис. 3.5), легко видеть, что анализ ведется от общего через некое среднее к частному – путь дедуктивного мышления.



Рис. 3.5. Дедуктивный путь построения силлогизма и получения вывода

Сама структура простого категорического силлогизма может быть выражена в графической форме (рис. 3.6), которая показывает, что в большей посылке содержится термин большего объема, средний термин выполняет роль связки и исчезает в выводе. В выводе остается только субъект вывода и предикат вывода.

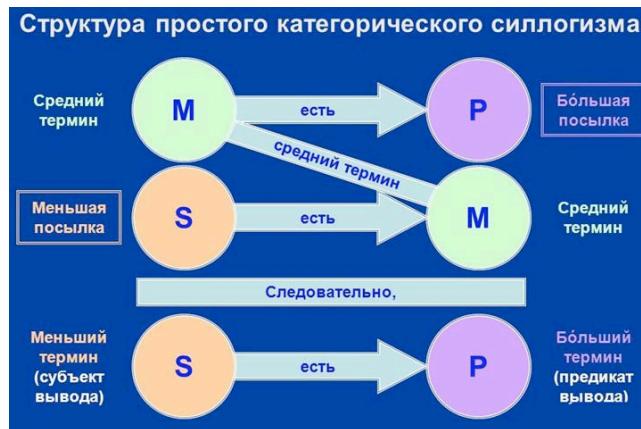


Рис. 3.6. Структура простого категорического силлогизма

Помимо данных терминов, в силлогистике были введены логические символы – переход от силлогистики к математической логике (рис. 3.7).

№	Операция	Обозначение	Соответствующие речевые обороты
1	2	3	4
1	отрицание (инверсия, логическое НЕ)	$\neg A$ $\bar{A}$ не $A$ not $A$	не $A$ ; неверно, что $A$
2	конъюнкция (логическое умножение, логическое И)	$A \wedge B$ $A \& B$ $A \cdot B$ $A \text{ и } B$ $A \text{ and } B$	$A$ и $B$ ; как $A$ , так и $B$ ; $A$ вместе с $B$
3	дизъюнкция (логическое сложение, логическое ИЛИ, включающее ИЛИ)	$A \vee B$ $A + B$ $A \text{ или } B$ $A \text{ or } B$	$A$ или $B$ ; $A$ или $B$ или оба вместе

№	Операция	Обозначение	Соответствующие речевые обороты
1	2	3	4
4	исключающая дизъюнкция (исключающее ИЛИ, сложение по модулю 2, строгая дизъюнкция)	$A \oplus B$ $A \text{ xor } B$	либо $A$ , либо $B$ ; $A$ или $B$ , но не оба вместе; только $A$ или только $B$
5	импликация (следование)	$A \rightarrow B$ $A \Rightarrow B$ $A$ – посылка $B$ – следствие	если $A$ , то $B$ ; из $A$ следует $B$ ; $A$ влечёт $B$ ; для $A$ необходимо $B$ ; для $B$ достаточно $A$ ; $A$ только тогда, когда $B$ ; $B$ тогда, когда $A$ ; все $A$ есть $B$
6	эквиваленция (равнозначность)	$A \leftrightarrow B$ $A \equiv B$ $A \sim B$	$A$ эквивалентно $B$ ; $A$ равносильно $B$ ; $A$ необходимо и достаточно для $B$ ; $A$ тогда и только тогда, когда $B$ ; либо $A$ и $B$ , либо ни $A$ , ни $B$

Рис. 3.7. Логические символы

### Аксиомы (правила, не требующие доказательств) силлогизма:

1. Всё, что утверждается относительно класса предметов, может быть высказано и относительно любого предмета этого класса (и наоборот)
2. Признак признака предмета есть так же признак самого предмета (и наоборот)

Аксиомы введены Аристотелем. На базе данных аксиом он, проанализировав все возможные варианты, ввёл определенные правила.

### Правила простого категорического силлогизма (введены Аристотелем):

- В каждом силлогизме должно быть только три термина.

- Средний термин (M) должен быть распределён хотя бы в одной из посылок.
- Термин, не распределённый в посылке, не должен быть распределён в заключении.
- Из двух отрицательных посылок нельзя вывести истинное заключение
- Число отрицательных посылок должно быть равно числу отрицательных заключений.
- Из двух частных посылок нельзя сделать истинного вывода

### Фигуры и модусы силлогизма

**Фигурами** силлогизма называются формы силлогизма, отличающиеся расположением **среднего термина** в посылках:

	Фигура 1	Фигура 2	Фигура 3	Фигура 4
Большая посылка:	M—P	P—M	M—P	P—M
Меньшая посылка:	S—M	S—M	M—S	M—S
Заключение:	S—P	S—P	S—P	S—P

Рис. 3.8. Схема построения четырех фигур силлогизмов

Кроме того, существует назначение фигур силлогизмов (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Назначение фигур силлогизмов

### Модусы силлогизма

Каждой фигуре силлогизма отвечают **модусы** – формы силлогизма, различающиеся количеством и качеством посылок и заключения. В логике модусы обозначают трехбуквенными формулами. Всем трем суждениям каждой из четырех фигур силлогизма будет соответствовать по 4 возможных модуса.

Так 1-й модус 1-й фигуры (т.е когда все 3 суждения общеутвердительные «А») обозначается как «AAA». Остальные модусы (в порядке следования): AAE, AAI, AAO и т.д. (обозначения введены М Псёллом).

### Модусы силлогизма

Общее число возможных комбинаций (модусов) 256, т.е. по 64 модуса в каждой фигуре, но лишь часть из них может быть истинными (!). Поэтому выделяют всего 19 модусов (рис. 3.10).

Возможные 19 (истинных) модусов:			
1	2	3	4
AAA	EAE	AAI	AAI
EAE	AEE	IAI	AEE
AII	EIO	AII	IAI
EIO	AOO	EAO	EAO
		OAO	EIO
		EIO	

Рис. 3.10. Возможные 19 (истинных) модусов

### Значение и применение силлогистики в инженерной геологии:

- Использование в научной аргументации
- Опровержение ошибочных научных положений
- Переход к искусственному интеллекту
- Цифровизация инженерной геологии, в том числе –на базе искусственного интеллекта

**Искусственный интеллект** – система, способная выполнять творческие функции.

### Искусственный интеллект в инженерной геологии

#### Сфера применения:

- ГИС – технологии и картография
- Инженерные изыскания и САПР
- «Цифровизация» инженерной геологии
- Работа с базами данных и инженерно-геологической информацией
- Геокибернетика – автоматизированное управление ЛТС или ПТС

#### Выводы:

- 1. Силлогизм преобладал в логике до XIX века и имел ограниченное приложение, в частности, из-за привязки к категорическому силлогизму
- 2. Формы и модусы умозаключений конечны (исчисляемы)
- 3. **Формализация умозаключений – путь перехода к математической логике и искусственному интеллекту.**

## Лекция 4. Сложный силлогизм. Дедукция и индукция

### 4.1. Сложный силлогизм

**Сложный силлогизм** (полисиллогизм) – суждение, основанное на предшествующем силлогизме или нескольких силлогизмах.

Большинство научных умозаключений – полисиллогизмы в развернутой или скрытой форме.

**Структура полисиллогизма:**

- 1) Общее суждение (просиллогизм)
- 2) Вывод 1 (= большая посылка следующего суждения – эписиллогизм)
- 3) Конечный вывод

Логическая операция перехода от просиллогизма к эписиллогизму называется **прогрессивно – сложным силлогизмом**. Чаще всего используется в науке.

Обратная операция – переход от эпи- к просиллогизму – **ретрессивно – сложным силлогизмом**.

При наличии более двух силлогизмов – выделяют **цепь силлогизмов**.

**Структура цепи силлогизмов:**

- 1) Общее суждение (просиллогизм)
- 2) Вывод 1 (= большая посылка следующего суждения – эписиллогизм)
- 3) Вывод 2 (= большая посылка следующего суждения)  
и т.д. ....
- 4) Конечный вывод в цепи

Отбрасывая посылки и оперируя лишь выводами, получаем краткое (брюское) заключение.

### 4.2. Законы логики (мышления)

#### 1. Закон тождества

Введен Аристотелем в трактате «Метафизика» следующим образом:

«...иметь не одно значение — значит не иметь ни одного значения; если же у слов нет значений, тогда утрачена всякая возможность рассуждать друг с другом, а в действительности — и с самим собой; ибо невозможно ничего мыслить, если не мыслить что-нибудь одно».

**Другие формулировки закона тождества:**

«Всякое А тождественно самому себе»

«А есть А»

«Любое нечто есть то, что оно есть» (Лейбниц)

Всякая вещь в процессе мышления должна сохранять своё тождество. Нельзя в начале под «А» понимать одно, а затем другое.

**Для науки установление тождества – необходимое требование процесса мышления.**

Нарушение закона тождества ведет к *софизмам*, основанным на подмене понятий и другим ошибкам:

**Типичные приёмы софистов:**

- 1) **Амфиболия** – двусмысленность, неясность, подмена тезиса (два значения одного и того же слова)
- 2) **Эквивокация** – разногласие, подмена понятия
- 3) **Логомахия** (от греч. λόγος — слово и μάχη — бой, сражение) - спор о словах, отсутствие единого понимания термина, двоякое понимание о нём.
- 4) Необходимо различать **тавтологию** - тождественно истинное высказывание, инвариантное относительно значений своих компонентов.

**Пример софизма:**

То, чего горная порода не потеряла, она имеет

Горная порода не теряла рассудка

Следовательно, горная порода имеет рассудок (разум)

**Опровержение:** здесь слово «потерял» трактуется двусмысленно – нарушение закона тождества.

## 2. Закон противоречия

**«Два противоречащих одно другому суждения не могут быть одновременно истинными и в одном и том же отношении».**

«А» не может одновременно быть «В» и не быть «В»

Аристотель рассматривал принцип противоречия, как аксиому и основное положение всей философии: «невозможно, чтобы противоречащие утверждения были вместе истинными».

Однако этот закон не запрещает одновременную ложность двух таких суждений.

### Значение закона противоречия

Противоречия могут быть **контактными** (следующими друг за другом в одной фразе) или **дистантными** (разделенными между собой фразами).

Во втором случае чаще всего и происходит нарушение закона противоречия:

*Сначала выдвигается в работе (выступлении и т.п.) одна идея, а потом в конце – противоречащая ей (подмена тезиса).*

### **Противоречия также бывают явными и неявными.**

В первом случае одна мысль непосредственно противоречит другой, а во втором случае противоречие вытекает из контекста: оно не сформулировано, но подразумевается.

**Пример:** в учебнике «Концепции современного естествознания» из главы, посвященной теории относительности А. Эйнштейна, следует, что, по современным научным представлениям, пространство, время и материя не существуют друг без друга: без одного нет другого. А в главе, рассказывающей о происхождении Вселенной, говорится о том, что она появилась примерно 20 млрд. лет назад в результате Большого взрыва, во время которого родилась материя, заполнившая собой все пространство.

Из этого следует, что пространство существовало до появления материи, хотя в предыдущей главе речь шла о том, что пространство не может существовать без материи.

### **3. Закон исключения третьего**

*«Tertium non datum» – третьего не дано*

При двух суждениях, из которых одно утверждает то, что другое отрицает («*A есть B*» и «*A не есть B*») не может быть третьего, среднего суждения.

Закон основывается на предыдущем (законе противоречия), но прибавляет к нему рассмотрение «третьего» или среднего суждения.

**Закон исключённого третьего является одним из основополагающих принципов «классической математики».**

Между **противоположными** суждениями всегда может быть третье, промежуточное суждение.

**Например:**

- 1) Глина твердая;
- 2) Глина пластичная;

и промежуточное:

- 3) Глина тугопластичная,

а между **противоречащими** такого третьего суждения быть не может:

1) Глина твердая; 2) Глина не твердая; третьего противоречащего суждения (например, глина полутвердая – это всё равно означает, что глина не твердая) быть не может.

Поэтому противоречащие суждения не могут быть одновременно ложными.

### Значение 3-го закона:

О всяком качестве вещи (явления и т.п.) мы можем утверждать, что оно или принадлежит этой вещи, или не принадлежит; ничего среднего быть не может.

Пример:

«Породы могут быть магматическими или не магматическими»

«Грунты могут быть прочными или не прочными» и т.д.

### 4. Закон достаточного основания (введен Лейбницием)

«Высказывание о предмете только тогда истинно, когда указано достаточное основание» или

«Всякое суждение (мысль) должно иметь определенное логическое обоснование»

или

«Мы всё должны мыслить на достаточном основании».

Т.е нельзя ограничиваться утверждением, что «нечто истинно», надо показать, почему именно оно истинно.

### Современная трактовка 4-го закона:

Любая мысль (тезис) для того, чтобы иметь силу, обязательно должна быть доказана (обоснована) какими-либо аргументами (основаниями), причем эти аргументы должны быть достаточными для доказательства исходной мысли, т.е. она должна вытекать из них с необходимостью (тезис должен с необходимостью следовать из оснований).

В краткой форме даёт суть всех четырех законов логики следующая схема (рис. 4.1):



Рис. 4.1. Обобщение и суть законов логики

### Значение законов логики

**Мыслить логично** – это значит мыслить точно и последовательно, не допуская противоречий в своих рассуждениях, уметь разоблачать логические ошибки.

Эти качества мышления имеют большое значение в любой области научной и практической деятельности, в том числе и в работе ученого, которая требует **точности мышления и обоснованности выводов**.

**Логическая грамотность** – необходимая черта образованности.

С помощью законов логики можно как **опровергать**, так и **доказывать** суждения (выводы).

## Выводы

- 1) **Формальный характер законов логики (мышления).** Это – *формальные* законы мысли, т.к. они не касаются ее *содержания*.
- 2) Четыре закона логики имеют в ней то же значение, что и аксиомы в математике. Они непосредственно очевидны.
- 3) Всякая мысль (независимо от содержания) должна подчиняться этим законам

### 4.3. Общенаучные методы исследования. Дедукция и индукция

**Дедукция** (лат. *deductio* — выведение) — метод мышления, при котором частное положение логическим путем выводится из общего, вывод по правилам логики (силлогизма); цепь умозаключений (рассуждение), звенья которой (высказывания) связаны отношением логического следования от общего к частному.

Исторически дедукция была основным методом науки (до XVI-XVII в. – т.е. до работ Ф. Бэкона).

**Началом** (посылками) дедукции являются аксиомы, постулаты или просто гипотезы, имеющие характер *общих утверждений* («общее»), а концом — следствия из посылок, теоремы («частное»).

- Если посылки дедукции истинны, то истинны и ее следствия.
- *Дедукция — основное средство доказательства.*

**Дедуктивисты:** Аристотель, Декарт, Спиноза, Лейбниц и др.

В основе - дедуктивное умозаключение (классический силлогизм): от общего к частному.

*Прогрессивный силлогизм:* от более общего – к менее общему.

*Регрессивный силлогизм:* от менее общего к более общему

Возникает вопрос: где то новое знание, если в общем уже всё известно? Это главное сомнение, которое позже высказывалось в спорах дедуктивистов и индуктивистов.

На основе дедукции сформировалось учение Рене Декарта.

**Рене Декарт (Картезий) (1596-1650)** – французский философ, математик и физик. Последователь рационализма и механицизма, основоположник скептицизма и картезианства. Декарт понимал дедукцию, как математический анализ всего. Это позволило ему сформировать учение, которое сегодня мы называем рационализмом.

**Рационализм** (от лат. *ratio*-разум) - метод, согласно которому основой познания и действия людей является разум.

В качестве главного **критерия истины** выдвинул принцип непосредственной достоверности, то есть ясности и отчётливости идей.

**Картезианство** = рационализм + механицизм + скептицизм

Дуализм Декарта – мир состоит из 2-х субстанций (протяженной и мыслящей)

**Бенедикт Спиноза (1632 –1677)** — голландский еврейский философ, рационалист, натуралист, последователь Декарта.

**Сочинения Спинозы:**

- ок. 1662 «Трактат об усовершенствовании разума и о пути, которым лучше всего направляться к истинному познанию вещей»
- 1663 «Основы философии Декарта, доказанные геометрическим способом»
- 1677 «Этика»

В «Этике» Спиноза по аналогии с логикой строит свою **метафизику**:

- 1) Определение терминов,
- 2) Формулировка логических законов (аксиом),
- 3) Вывод всех остальных положений (теорем) путём логических следствий.

Такая дедуктивная форма гарантирует истинность выводов в случае истинности аксиом.

**Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716)** – немецкий философ, логик, математик.

Критиковал Декарта за субъективизм: «Критериями истинности суждений... являются правила обычной логики»

**Методология Лейбница:**

- 1) Учет законов логики
- 2) Принцип достаточного основания
- 3) Логический примат возможного перед действительным
- 4) Оптимальность (совершенство) данного мира как достаточное основание его существования

В наше время дедукция используется так же широко, как и в предыдущей эпохе, и не только в науке.

- **Дедуктивным** путем выводятся следствия из гипотез. Если полученные результаты соответствуют всем фактам, которых касается гипотеза (версия), то она признается истинной.
- Путаница дедукции и индукции в детективах (в том числе во многих детективах)

Если говорить о расследовании, дедуктивный метод строится на том, что если полученные результаты соответствуют всем фактам, то избранная версия считается доказанной.

**Индукция** (лат. *inductio* — наведение) — умозаключение от частного к общему (сначала факты, затем их обобщение).

Противопоставление силлогизма и индукции:

«Индукция есть умозаключение от частного к общему. Индукция убедительна и проста, и с точки зрения чувственного познания более выгодна и доступна, но силлогизм все же **более доказателен** и для дискуссии с противником **более эффективен**». (Аристотель)

Противопоставление индукции и дедукции

**Индуктивисты** (эмпиристы): Ф. Бэкон, Г. Галилей, Д. Локк, И. Ньютон, Д. Беркли, Д. Юм, Б. Рассел.

Д. Юм поставил под сомнение обоснованность индуктивного метода вывода умозаключения, выдвинув вопрос о том, ведет ли индуктивное рассуждение к истинному знанию постольку, поскольку оно может иметь вероятностный характер.

Проблема индукции впервые обсуждалась Т.Гоббсом, а затем Д.Юмом.

**Виды индукции:**

1. **Полная индукция**—индуктивное умозаключение, в котором из всей совокупности фактов делается общий вывод.

**Пример:**

Множество **A** состоит из элементов: **A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, ..., A<sub>n</sub>**.

- **A<sub>1</sub>** имеет признак **B**
- **A<sub>2</sub>** имеет признак **B**
- Все элементы от **A<sub>3</sub>** до **A<sub>n</sub>** также имеют признак **B**

Следовательно, все элементы множества **A** имеют признак **B**.

При полной индукции получаем вполне достоверное умозаключение.

2. **Неполная индукция** – индуктивное умозаключение, которое дает общий вывод только из части фактов (вероятностное умозаключение). Это метод обобщения признаков некоторых элементов для всего множества, в который они входят.

**Пример:**

Множество **A** состоит из элементов: **A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, ... A<sub>k</sub>, ... A<sub>n</sub>**.

- **A<sub>1</sub>** имеет признак **B**
- **A<sub>2</sub>** имеет признак **B**
- Все элементы от **A<sub>3</sub>** до **A<sub>k</sub>** также имеют признак **B**

Следовательно, вероятно, **A<sub>k+1</sub>** и остальные элементы множества **A** имеют признак **B**.

**Не все умозаключения по неполной индукции могут быть правомерными.** Задача логики состоит в том, чтобы указать границы, за пределами которых индуктивный вывод перестаёт быть правомерным, а также вспомогательные приёмы, которыми пользуется исследователь при образовании эмпирических обобщений и законов.

В "Новом Органоне" Френсис Бэкон констатирует **противоречие** между состоянием науки (теории) и техники (практики). Первая высказывает привлекательные и красивые общие положения, но полна противоречий в частностях, не видно прогресса:

"В механических же искусствах (технике) мы наблюдаем противоположное: они, как будто восприняв какое-то живительное дуновение, с каждым днем возрастают и совершенствуются".

**12 причин неудовлетворительного состояния науки по Ф. Бэкону в Новое время (актуальны и сейчас!!!!):**

1. Молодой возраст науки. Из 25 веков человеческой истории менее 6-ти благоприятствовали ей.
2. В философии малое внимание уделено философии природы (естествознанию). Без связи же отдельных наук с философией природы не будет прогресса. Философия природы - "великая мать наук". Время ее расцвета у греков было непродолжительным.
3. Неверная цель, поставленная перед науками (поставлены недостижимые цели). Подлинная цель - наделение человеческой жизни новыми открытиями и благами.
4. Неверный метод - верен опытный метод - «Все было предоставлено или мраку преданий, или круговороту силлогизмов (от

общего к частному), или случайности, или произволу смутного, неупорядоченного опыта».

5. Разрыв между теорией и опытом (платоновский разрыв между разумом и чувством). Пренебрежение опытом.

6. Благоговение перед древними авторитетами.

7. «Головокружение от успехов». Переоценка достигнутого. На самом деле наука находится только в начале познания.

8. Мелочность и ничтожность ставящихся задач.

9. Сильный противник науки - "суеверие и слепое неумеренное религиозное рвение". "Более того, по теперешнему положению дел условия для разговора о природе стали более жестокими и опасными по причине учения и метода схоластов. Ибо схоласты не только в меру своих сил привели теологию в порядок и придали ей форму науки, но вдобавок, добились того, что строптивая и колючая философия Аристотеля смешалась, более, чем следовало, с религией".

10. Университетская, "школьная" наука "оказывается противной движению науки вперед".

11. Наука не поощряется. Плата и награда зависят "от толпы и знатных мужей".

12. Но величайшим препятствием является "отчаяние людей и допущение существования Невозможного". Отчаяние это возникает при рассуждении о непонятности природы, краткости жизни, об обмане чувств, о трудностях опытов и т.п.

Своей задачей Ф. Бэкон считал **создание новой методологии**, которая "оказывала бы разуму помочь в извлечении правильных закономерностей из наблюдений над реальной действительностью", т.е. **на основе индукции**.

В основу познания он кладет **научно-организованный опыт** и именно опыт, а не первичное наблюдение. Бэкон критикует голый, "бескрылый" эмпиризм:

"Те, кто занимались науками, были или эмпириками, или догматиками. Эмпирики, подобно муравью, только собирают и пользуются собранным. Рационалисты, подобно пауку, из самих себя создают ткань. Пчела же избирает средний способ, она извлекает материал из цветов сада и поля, но располагает и изменяет его собственным уменьем".

**"Союз опыта и рассудка" - таков исходный пункт методологии Бэкона.**

**Ф. Бэкон считал возможным обучить любой ум процессу научной индукции и расписать этот процесс по таблицам!**

1. Сначала, по Бэкону, надо свести все факты, в которых фигурирует изучаемое явление, в "таблицу положительных инстанций".
2. Затем надо подыскать аналогичные факты, в которых данное явление отсутствует, и свести их в "таблицу отрицательных инстанций".
3. Сопоставлением таких таблиц будут исключены те факты, которые являются несущественными для данного явления.
4. Затем составляется таблица сравнения, показывающая, какую роль играет усиление одного фактора для данного явления.
5. В результате такого сравнения получается искомая "форма" или закон природы.

**Данный метод, без сомнения является прототипом современных теорий факторного, планируемого эксперимента.**

Позже этот метод обобщил Милль.

**Д. И. Менделеев**, изучив отдельные элементы, открыл периодический закон химических элементов – пример индуктивного исследования.

#### **4.3. Сопоставление дедукции и индукции**

**Абдукция** (индукция + гипотетико-дедуктивный метод) - подход, являющийся разновидностью гипотетико -дедуктивного метода и предполагающий, что исходные **гипотезы** вводятся не произвольно, а в результате индуктивных обобщений.

**Представители:** Христиан Вольф , Гегель и К.Поппер (взаимосвязь Д и И).

**Критика К.Поппером индуктивного метода Бэкона-Милля:**

1. Сформулировать заключение о единичном факте можно лишь на основе общих понятий, а это возможно лишь на базе теорий и гипотез;
2. Для наблюдений нужна научная идея (программа, гипотеза); с гипотезы начинается исследование. Это и есть **абдукция** по К.Попперу

**Абдукция** — познавательная процедура выдвижения гипотез.

Формально абдукция представляет вид редуктивного вывода с той особенностью, что из *посылки*, которая является условным высказыванием, и *заключения* вытекает *вторая посылка*.

**Например:** *первая посылка*: люди — смертны;

*заключение*: Сократ — смертен;

Мы можем предположить, с помощью абдукции, что *вторая посылка* здесь будет:

Сократ — человек.

## Лекция 5. Теория познания и её применение в инженерной геологии. Организация НИР.

### 5.1. Теория познания (гносеология)

**Гносеология** - раздел философии, изучающий взаимоотношение субъекта и объекта в процессе познавательной деятельности, отношение знания к действительности, возможности познания мира человеком, критерии истинности и достоверности знания.

**Методология** – учение о методах познания, о принципах, формах и способах научно-исследовательской деятельности (термин введён Ф.Бэконом).

**Методика** – совокупность конкретных приёмов (способов) осуществления данного исследования.

Платон в VI книге «Государства» делит познание на два рода:

- A. постигаемое **ощущением** (*чувственно-воспринимаемое*)
- B. познаваемое **умом** (*умопостигаемое*)

В «Письмах» он излагает свою **теорию познания** любого предмета (явления и т.п.), состоящую из 5 ступеней:

- 1) имя (термин)
- 2) определение
- 3) изображение (образ)
- 4) познание (понимание)
- 5) познание само по себе (бытие)

Первые 4 ступени относятся к «A», 5-я ступень – к «B».

Аристотель, разрабатывая теорию познания, заложил основы **рационализма**, в основе которого такой метод познания как **аналитика** или **логика**.

Вслед за Платоном также различал чувственное знание и рассудочное.

В эпоху Нового времени конкурируют две линии:

- 1) **рационализм** (Декарт, Лейбниц) – опирающийся на дедукцию;
- 2) **эмпиризм** (Бэкон, Локк, Юм) – опирающийся на опыт и индукцию.

*«Существуют два основных ствола человеческого познания, вырастающие, быть может, из одного общего, но неизвестного нам корня, а именно **чувственность** и **рассудок**: посредством чувственности предметы нам даются, рассудком же они мыслятся» И. Кант.*

Вопрос о познаваемости мира – основной вопрос философии (гносеологии):

**Оптимизм** — мир познаем, границ познания нет, необходимы лишь время и средства (Лейбниц).

**Позитивизм** — «эмпиризм без философии» (О.Конт, Д.Милль).

**Эмпириокритицизм** (2-й позитивизм) - «чистый опыт» человека — основа познания (Авенариус).

**Неопозитивизм** (3-й позитивизм, логический эмпиризм, «махизм») — мир познаем, надо только исключить ненаблюдаемое (Эрнст Мах — принцип «экономии мышления», причинность заменил функциональностью).

### Эмпириокритицизм

- Попытка дать общую теорию опыта, без каких-либо гносеологических предпосылок.
- В основе - опыт, в том виде, в каком он непосредственно познается людьми; от этой точки исходят мыслители всех возможных направлений Э.
- Эти непосредственные данные Э. принимает как то, что признается неоспоримым всем человечеством, составляет «естественное» понятие о мире.

### Агностицизм

**Агностицизм** — мир непознаем в принципе, человек не познаёт мир, а строит виртуальный мир на основе чувственного восприятия (Т.Хаксли).

**Скептицизм** — мы познаём реальный мир, но в силу несовершенства чувств постоянно вводим себя в заблуждение (Р.Декарт, Д.Юм).

### Индуктивистский позитивизм Дж. С. Милля

#### Аксиомы индукции по Дж. Миллю:

- 1) единообразие природы;
- 2) то, что произошло один раз, будет обязательно иметь место, как только снова создадутся те же самые условия

В 1843 г. издает книгу: **«Система логики силлогистической и индуктивной»**, в которой излагает 4 принципа причинности.

Критиковал силлогизмы Аристотеля, считая, что в них уже заложен вывод.

### Индукция и причинность

#### Четыре метода Милля индуктивного исследования (выявления причины):

1. **Метод сходства** (согласия): Если в разных случаях изучаемого явления только А является общим для всех случаев обстоятельством, то А и будет причиной этого явления.

В этом методе анализируем части явления предшествующие и последующие.

**Пример использования и формула метода сходства:**

Пусть → обозначает причинное следование. Тогда, согласно методу сходства, справедливо следующее умозаключение:

$$\begin{array}{l} \text{1. Наблюдение } AB \rightarrow a \\ \text{2. Наблюдение } AC \rightarrow a \\ \text{Закон: } A \rightarrow a \end{array}$$

Рис. 5.1. Формула метода сходства

2. **Метод разницы (различия):** если явление наступает и не наступает при всех обстоятельствах кроме одного, то оно и будет причиной этого явления

Пример использования и формула метода различия:

$$\begin{array}{l} \text{1. Наблюдение } AB \rightarrow a \\ \text{2. Наблюдение } \text{нет}AB \rightarrow \text{нет } a \\ \text{Закон: } A \rightarrow a \end{array}$$

Рис. 5.2. Формула метода различия

**Пример:** «Опыт» Фридриха II в XIII веке по выявлению у младенцев «естественного» языка (еврейский, греческий или латынь?), запретив нянькам с ними разговаривать.

Соединение 1 и 2 метода (сходства и различия) называют *соединенным методом*.

**Пример соединенного метода:** Джованни Грасси соединенным методом установил, что переносчиками малярии являются только комары рода *Anopheles*:

1. И малярия, и комары распространены в болотистых регионах (сходство)
2. Малярией болеют только там, где есть *Anopheles* (различие)

**3. Метод остатков:**

Нам дан ряд явлений *A, B, C* – предшествующих и ряд *a, b, c* – последующих;

Если из предыдущего опыта известно, что *B* есть причина *b*, а *C* есть причина *c*, тогда вычитая известные причины получим (в остатке), что *A* есть причина *a*:

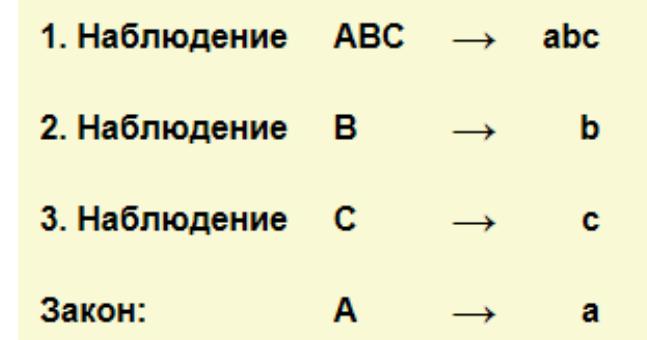


Рис. 5.3. Формула метода остатков

**Пример:** открытие планеты Нептун, исходя из известного факта замедления движения Урана на определенном участке его траектории.

**4. Метод сопутствующих изменений:** если определенное изменение какого-либо явления всегда вызывает определенное изменение в параллельном (другом) явлении, то первое будет причиной второго

**Примеры:**

- a) нагревание и увеличение объема тел;
- b) приложение давления и деформирование тел и т.д.

Все методы Милля, по сути, есть применение метода *неполной индукции* (рассмотренного выше). Но они не гарантируют от ошибок – ложного обобщения.

## 5.2. Современная гносеология

**Две модели причинно - следственных связей:**

а) Модели, опирающиеся на временной подход (**эволюционные** модели). Здесь главное внимание акцентируется на временной стороне причинно-следственных отношений. Одно событие — «причина» — порождает другое событие — «следствие», которое во времени отстает от причины (запаздывает). Запаздывание — отличительный признак эволюционного подхода (**принцип причинности** в физике).

б) Модели, опирающиеся на понятие «взаимодействие» (**структурные** или **диалектические** модели). Главное внимание здесь уделяется взаимодействию как источнику причинно-следственных отношений. В роли причины выступает само взаимодействие. Большое внимание этому подходу уделял Кант, но наиболее четкую форму диалектический подход к причинности приобрел в работах Гегеля.

**Два современных направления теории познания:**

1. Эволюционная теория познания (К.Поппер и др.)
2. Интуитивно-эвристическая теория (Гришуин и др.)

Схема эволюционной теории познания в виде графической модели будет выглядеть следующим образом:

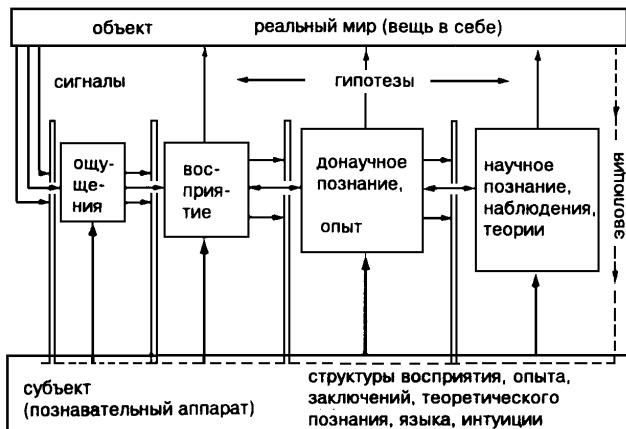


Рис. 5.4. Теоретико-познавательная схема согласно эволюционной теории познания

### Эволюционная эпистемология Карла Поппера:

P1 → TT → EE → P2

Проблема (P1) порождает попытки решить её с помощью пробных теорий (TT). Эти теории подвергаются критическому процессу устранения ошибок ЕЕ и улучшению теорий. Затем выявленные ошибки порождают новые проблемы P2 и т.д.

**Расстояние между старой (P1) и новой (P2) проблемой часто очень велико: оно указывает на достигнутый прогресс.**

### Методы гносеологии

#### Методы исследований:

1. **Всеобщие** (философские законы)
2. **Общенаучные** - действующие во всех науках (законы логики и т.п.)
3. **Частные** - действующие в данной науке, (например, только в инженерной геологии)
4. **Специальные** - специфические для данной науки (например, только в грунтоведении и т.п.)

Первые два метода – универсальные. Такое деление условно, но удобно.

#### Всеобщие методы познания – законы философии

- 1) **Закон единства и борьбы противоположностей** – основной закон диалектики (диалектической логики):

«Движение и развитие в природе, обществе и мышлении обусловлено раздвоением единого на взаимопроникающие противоположности и разрешение возникающих противоречий между ними через борьбу».

#### Значение закона:

- 1) Раскрывает источники, **причины** развития материального мира
- 2) Выявление и анализ противоположностей, противоречий - требование любого исследования

#### Два вида противоречий:

**Внутренние** противоречия – основные

**Внешние** противоречия – второстепенные

Единство – относительно (временно), а борьба противоположностей – абсолютна.

#### 2) Закон перехода количественных изменений в качественные

**«Развитие осуществляется путём накопления количественных изменений в предмете, что неизбежно приводит к нарушению его меры (стабильного состояния) и скачкообразному превращению в качественно новый предмет».**

Закон дает ответы на вопросы: **каков механизм** рассматриваемого процесса, как появляются новые качества и т.п.?

Качество проявляется в свойствах предмета (различия между неподобными предметами). Количество проявляется в его частях (различия между подобными предметами). Количественные изменения носят медленный, постепенный характер. Качественные изменения носят прерывный, скачкообразный характер.

#### 3) Закон отрицания отрицания:

**«Развитие идёт через постоянное отрицание противоположностей друг другом, их взаимопревращение, вследствие чего в поступательном движении происходит возврат назад, в новом повторяются черты старого».**

В диалектике для отрицания характерна преемственность, а не простое «голое» (по выражению В.И.Ленина), отрицание.

#### Эволюционное развитие в инженерной геологии:

- Эволюция и наследование структур грунтов
- Эволюция инженерно-геологических процессов и т.п.

#### Гносеология и искусственный интеллект

##### Особенности систем искусственного интеллекта:

- 1) Наличие в них собственной **внутренней модели** внешнего мира; эта модель обеспечивает возможность интерпретации запросов к системе
- 2) Способность **пополнения имеющихся знаний**;
- 3) Способность к **дедуктивному выводу**, т.е. к генерации информации, которая в явном виде не содержится в системе; это качество позволяет системе конструировать информационную структуру с новой семантикой и практической направленностью;

- 4) Умение оперировать в ситуациях, связанных с различными **аспектами нечеткости**, включая «понимание» естественного языка;
- 5) Способность к **диалоговому** взаимодействию с человеком;
- 6) Способность к **адаптации** (самообучению).

#### Искусственный интеллект в инженерной геологии:

1. Создание быстродействующих **экспертных систем** (на основе логики, дедукции [дедуктивная машина вывода], методов Милля, общефилософских законов и других методов познания)
2. Создание интегрированных **баз ИГ- данных** (ГИС-технологии, цифровизация ИГ)
3. Автоматизированные системы инженерных **изысканий**
4. Обучающиеся системы **ИГ-мониторинга** (нейронные сети)
5. Инженерно-геологические **АСУ** (системы инженерной защиты на основе геокибернетики и нейронных сетей)
6. Автоматизированное **представление** ИГ-информации: 3D, 4D-модели, динамическое картографирование.

#### Выводы:

1. Законы философии играют основную роль в методологии науки
2. Они дают наиболее общую картину мира
3. **Законы диалектики** вскрывают причину (1-й закон), механизм (2-й закон) и тенденцию (3-й закон) развития любого процесса
4. В инженерной геологии их применение целесообразно на всех стадиях научного исследования, но наиболее рационально – на начальной.
5. Общенаучные методы исследований в инженерной геологии – основа создания искусственного интеллекта для решения задач ИГ.

### 5.3. Организация научно-исследовательской работы

#### Виды НИР:

- Квалификационные
- Исследовательские (поисковые)
- Изыскательские (инженерно-геологические изыскания)

#### Формы реализации:

- Госбюджетные НИР
- Хоздоговорные НИР (коммерческие)
- Грантовые НИР
- Инициативные НИР (получение квалификации)

#### Квалификационные НИР

### Ученые степени РФ:

- Академик РАН
- Член-корр. РАН
- Доктор наук
- Кандидат наук
- Магистр
- Дипломированный специалист
- Бакалавр

### Ученые степени зарубежом (болонская система):

- Академик
- -----
- Доктор философии (phd, philosophy doctor)
- Магистр
- Бакалавр

### Структура диссертации

#### Введение:

- Проблема и ее актуальность
- Объект исследования
- Предмет исследования
- Идея работы
- Цель и задачи работы
- Фактический материал
- Личный вклад автора
- Методика (методы) исследования и достоверность результатов
- Научная новизна
- Защищаемые положения
- Практическая значимость и реализация (внедрение) работы
- Апробация работы (доклады)
- Публикации по работе
- Структура и объем диссертации
- Благодарности

**Глава 1.** Современное представление о состоянии вопроса (назначение литобзора – обосновать поставленные задачи, **выявить что ясно, а что нет**, обоснование предмета исследования).

**Глава 2.** Характеристика объектов исследования (обосновать выбор объектов).

**Глава 3.** Методика решения поставленных задач (доказать и обосновать логичность и эффективность способа решения задач).

**Главы 4-...6.** Результаты исследования (как доказательство каждого из защищаемых положений в каждой главе).

**Заключение** (выводы, как ответы на поставленные задачи).

### **Список литературы**

### **Приложения**

### **Организация и планирование НИР**

**Планирование** — оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленной цели.

Планирование в самом общем виде подразумевает выполнение следующих этапов:

- Постановка целей и задач
- Составление программы действий
- Выявление необходимых ресурсов и их источников
- Определение непосредственных исполнителей и доведение планов до них

### **План – средство самоконтроля!!!**

#### **Требования к плану:**

- Целенаправленность
- Реалистичность
- Конкретность и содержательность
- Этапность (наличие сроков и результатов)

#### **Виды планов:**

1. Стратегический и тактический план (планы решения задач)
2. Рабочий план – график (годовой)

#### **Полезные советы по самоконтролю выполнения плана:**

1. Подумайте о том хорошем, что вы получите, если сделаете это.
2. Начинайте сразу (не откладывать «на потом»).
3. «Откусывайте по кусочку».
4. Наметьте план действий и четкие **сроки** выполнения.
5. Начинайте раньше (создайте резерв времени).
6. В процессе работы делайте паузы и отдыхайте (переключайтесь).

#### **Особенности планов диссертаций:**

1. Этапы и сроки работ (элементы, отражаемые в плане диссертации):
  - Составление аналитического литобзора
  - Сдача экзаменов (учебные курсы по уч. плану и дополнительные)
  - Разработка плана экспериментов (методики исследований)
  - Полевые работы (практика)
  - Педагогическая работа (практика)
  - Проведение исследований – основной этап
  - Обработка результатов
  - Публикация результатов (апробация работы)
  - Оформление работы
  - Подготовка к защите
2. Заблаговременное окончание эксперимента
3. Подготовка материалов к защите (графика, автореферат диссертации, справки и т.п.).

**Пример рабочего плана-графика магистерской диссертации на 2 года:**

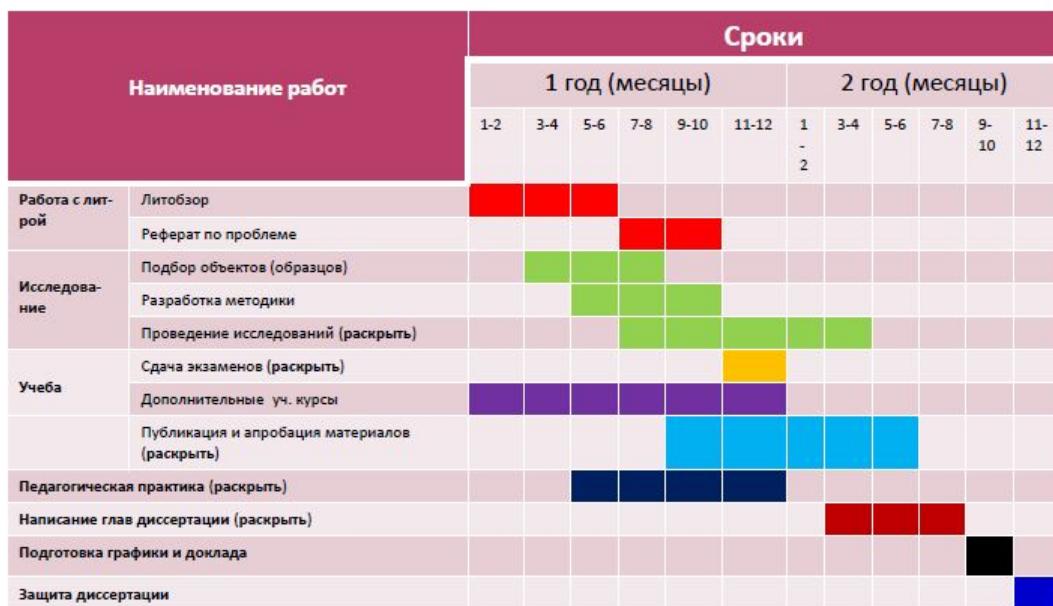


Рис. 5.5. План-график магистерской диссертации

## Лекция 6. Общенаучные методы исследования

### 6.1. Общенаучные методы исследований

Действуют и применимы во всех науках

Два уровня научного знания: Эмпирический уровень:

- 1) Наблюдение
- 2) Сравнение
- 3) Счет (вычисление)
- 4) Измерение
- 5) Эксперимент

Теоретический уровень

- 1) Анализ и синтез
- 2) Дедукция и индукция (обобщение)
- 3) Абстрагирование, идеализация
- 4) Формализация
- 5) Аналогия (принцип актуализма), подобие
- 6) Таксономия, типизация, классификация
- 7) Моделирование
- 8) Исторический метод
- 9) Аксиоматический и гипотетический

Уровни научного знания по С. А. Лебедеву (2016):

1. Чувственный – данные чувственного восприятия («голые факты»)
2. Эмпирический – эмпирические факты (высказывания), модель чувственного знания (= закономерности и законы)
3. Теоретический – модель идеальных объектов (= научная гипотеза и теория)
4. Метатеоретический – общенаучное и философское знание

Наблюдение

1. **Наблюдение** - организованное, целенаправленное, фиксируемое восприятие явлений с целью их изучения в определенных условиях (*без вмешательства наблюдателя*). Выделяют **объект** и **предмет** наблюдения, они связаны с наблюдателем (**субъект**).

Схема структуры наблюдения (рис.6.1):

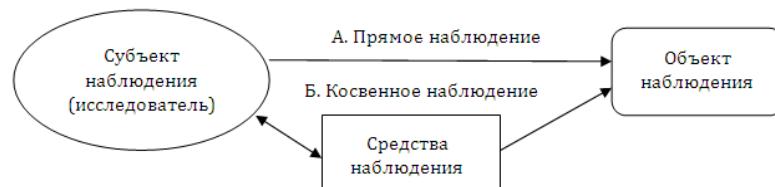


Рис. 6.1. Схема структуры наблюдения

**Прибор для наблюдений** – познавательное средство (устройство), приводимое исследователем в специфическое взаимодействие с изучаемым объектом с целью получения полезной информации.

**Подразделение приборов** (Лебедев А.С., 2007): 1) Приборы-усилители (микроскоп, телескоп и т.п.); 2) Приборы-анализаторы (спектроскоп, дифрактометр, колориметр, лазерный анализатор и т.п.); 3) Приборы-преобразователи (термометр, манометр, тензометр, спидометр и т.п.)

### Область применения наблюдения:

- Наблюдение применяется там, где вмешательство экспериментатора нарушит процесс взаимодействия человека со средой;
- Сбор и регистрация фактов (первичной информации).

### Наблюдение – начальный этап (часть) мониторинга.

Классификация наблюдений в инженерной геологии

№ пп	Вид наблюдений	Принцип выделения
1	Целенаправленное и случайное	Наличие (отсутствие) цели
2	Прямое (непосредственное, созерцание) и инструментальное (косвенное)	Наличие (отсутствие) технических и иных средств наблюдения
3	Сплошное и выборочное (т.е. по отдельным параметрам)	Набор отслеживаемых параметров
4	Полевое и лабораторное	Естественные или искусственные условия
5	Систематическое и несистематическое	Периодичность наблюдений
6	Режимное, инвентаризационное, методическое и т.п.	Назначение в системе мониторинга
7	Точечное, линейное, площадное (2-мерное), объемное (3-мерное), многомерное (n-мерное)	Распределение в пространстве пунктов (точек) наблюдения
8	Дистанционное и наземное	По расположению субъекта или средств наблюдения

Рис. 6.2. Классификация наблюдений в инженерной геологии

### Этапы наблюдения:

1. Определение предмета наблюдения, объекта, ситуации и цели.
2. Выбор способа (метода) наблюдения и регистрации данных.
3. Создание плана (программы) наблюдения.
4. Выбор метода обработки результатов.
5. Собственно наблюдение.
6. Обработка и интерпретация полученной информации.

### Методы наблюдений в инженерной и экологической геологии:

Вид наблюдений	Методы
Дистанционные	Аэрокосмические: многозональная фотосъемка Геофизические: ИК-съемка, лазерное сканирование и т.п.
Наземные	Инженерно-геологическая съемка Инженерно-геодезические наблюдения Гидрогеологические наблюдения Геокриологические наблюдения Геохимические наблюдения Инженерно-геофизические наблюдения и др.

Рис. 6.3. Методы наблюдений в инженерной и экологической геологии

## 2. Сравнение (сравнительный анализ)

**Сравнение** — процесс количественного или качественного сопоставления разных свойств (сходств, отличий, преимуществ и недостатков) двух или более объектов, явлений.

**В философском смысле** — познавательная операция, лежащая в основе суждений о сходстве или различии объектов. С помощью сравнения выявляются качественные и количественные характеристики предметов.

**Сравнительно-геологический анализ** — общегеологический метод исследований.

**Сравнение количественное** — по характеристикам, параметрам, показателям и т.п. Осуществляется легко и однозначно статистическими методами. Используется в *измерении*.

**Сравнение качественное** — по вводимым критериям, которые требуют обоснования. Осуществляется более трудно и не всегда однозначно.

Например, сравнение по критериям «более важный», «менее важный» и т.п.

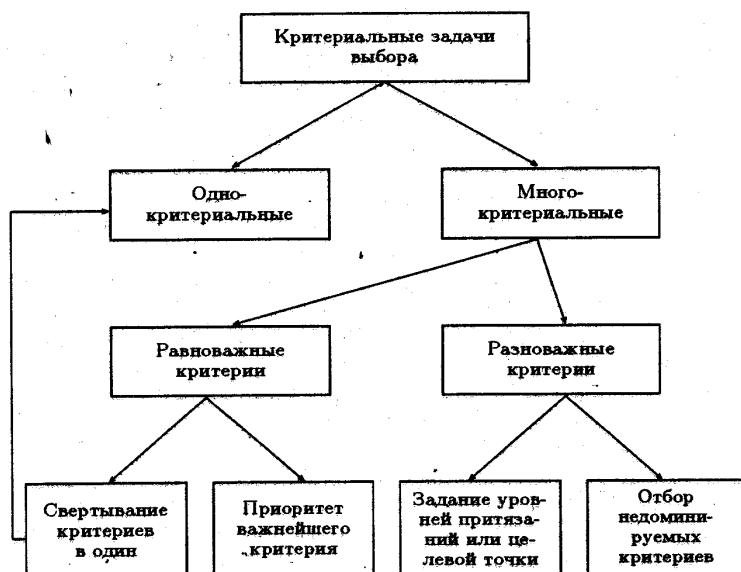


Рис. 6.4. Классификация задач выбора и способов сравнения в системном анализе

Сложные объекты могут оцениваться и сравниваться не по одному критерию, а по целой группе, и часто критерии не сопоставимы (секунды и литры). Схема (рис. 6.4) иллюстрирует подходы, которые могут быть реализованы.

### Применение сравнения в инженерной геологии:

- 1) **Типологические оценки** (сравнение с типом)
- 2) **Проверка однородности** исходных данных — для отбраковки крайних значений совокупности
- 3) **Оценка сходства** (тождества) **геологических тел** (статистическое сопоставление) — для выделения границ тел (ИГЭ и др.), сходства ИГУ, ЛТС и т.п.

- 4) **Оценка пространственной неоднородности** (изменчивости) геологических тел: а) *стационарной* (случайной незакономерной) и б) *нестационарной* (случайной закономерной)

### 3. Счет и вычисление

**Счет или вычисление** — математическое преобразование, позволяющее преобразовывать входящий поток информации в выходной, с отличной от первого структурой. Если смотреть с точки зрения теории информации, вычисление — это получение из входных данных **нового знания**. В основе счета — **алгоритм вычисления (от простого арифметического до вероятностного)**.

**Математизация (цифровизация) инженерной геологии:** Н. В. Коломенский — введение понятия «ИГЭ» (1940-1950-е гг.); И. С. Комаров, В. В. Пендин — теория инж. геологической информации (1970-1990-е гг.); Г. К. Бондарик — теория изменчивости геол. параметров (1970-1980-е гг.); М. В. Рац — статистические методы в ИГ (1970-1980-е гг.); Компьютерные технологии в ИГ (с 1990-х гг.).

### 4. Измерение

**Измерение** — совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу (эталоном).

Измерение физических величин производят с помощью техн. средств (измерительных приборов).

Наука об измерении — **метрология** (зародилась в XVII-XVIII веке). Первая мера длины — 1/3 маятника с периодом колебания в 1 с (Гюйгенс) = 8 см.

#### Классификация измерений:

- 1) Прямое, косвенное и совместное (одновременное измерение нескольких величин для нахождения зависимости между ними)
- 2) Метрологические: а) максимально возможной точности; б) контрольно-проверочные (с гарантированной точностью); и технические
- 3) Абсолютные и относительные
- 4) Однократные и многократные
- 5) Равноточные (на приборе с одинаковой точностью) и неравноточные

#### Измерение указывают с определенной точностью:

$P = 4,5 \pm 0,1$  МПа, т.е. Р лежит в пределах 4,4 и 4,6 с определенной вероятностью, где 0,1 — погрешность измерений.

**Погрешность (ошибка) измерения** — оценка отклонения величины измеренного значения параметра от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

#### Виды погрешностей:

- 1) **По форме представления:** абсолютная и относительная
- 2) **По причине:** инструментальная, методическая и субъективная

3) **По характеру:** случайная, систематическая, прогрессирующая, грубая (промах)

**Определение погрешности:**

**Метод Корнфельда** заключается в выборе доверительного интервала в пределах от минимального до максимального результата измерений, и погрешность как половина разности между максимальным ( $x_{\max}$ ) и минимальным ( $x_{\min}$ ) результатом измерения:

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} \quad (5.1)$$

**Средняя квадратическая погрешность:**

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5.2)$$

где  $n$  – число значений (измерений);  $\bar{x}$  – среднее арифметическое

**Абсолютная погрешность** —  $\Delta X$  является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины  $X_{meas}$ . При этом неравенство:  $\Delta X > |X_{true} - X_{meas}|$ , (5.3)

где  $X_{true}$  — истинное значение, а  $X_{meas}$  — измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина  $X_{meas}$  распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её **среднеквадратичное отклонение**. Абсолютная погрешность измеряется в тех же единицах измерения, что и сама величина.

**Относительная погрешность** — отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X} \quad (5.4)$$

Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах.

Точность определения параметров свойств грунтов регламентирована **ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.**

**Практические рекомендации и измерений:**

- 1) Точность окончательного расчета не может быть выше точности исходных данных.
- 2) Не приступая к расчету на основании относительных погрешностей, следует оценить относительную погрешность получаемого результата.
- 3) Погрешность наименее точного измерения определяет и погрешность результата вычислений.
- 4) Окончательный вариант вычислений надо давать с тем числом значащих цифр, которое отвечает его погрешности.

## 6.2. Научный эксперимент

### 5. Научный эксперимент

Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — исследование объектов путем контролируемого материального воздействия на них с последующим наблюдением происходящих изменений.

Как средство познания использовался с древних времен, но как основной метод науки был признан с эпохи Возрождения в Новое время.

Отличие от наблюдения: активное взаимодействие с изучаемым объектом



Рис. 6.5. Структура научного эксперимента

### Классификация экспериментов:

- 1) По условиям проведения: **естественный** (натурный, природный) и **искусственный** (лабораторный)
- 2) По материальности объекта: **физический** (над физическим объектом) и **модельный**: а) **математический** (численная, компьютерная модель) и б) **мысленный** (мысленная модель, термин введен Эрнстом Махом)

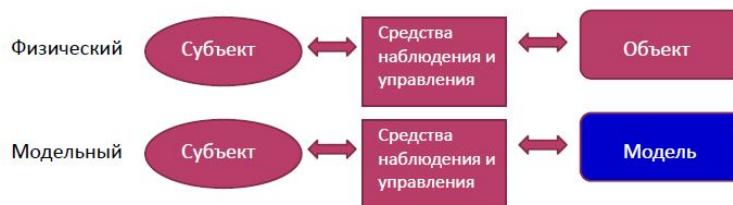


Рис. 6.6. Классификация экспериментов

### Изучаемые отношения в эксперименте:

- Отношение «причина – следствие»
- Отношение «вход – выход»

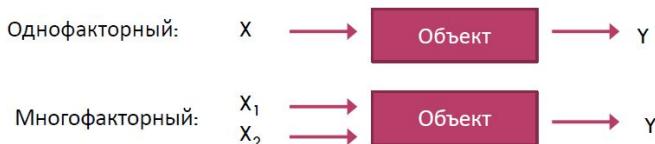


Рис. 6.7. Изучаемые отношения в эксперименте

### Виды экспериментов:

**1) Мысленные (идеальные)**

**2) Физические (материальные)**

**Роль мысленных экспериментов в истории науки:**

- Классические мысленные эксперименты Галилея (человек в закрытой комнате на корабле), падение тел разной массы и т.д.
- Мысленные эксперименты Х.Гюйгенса и др.
- Мысленные эксперименты С.Карно (идеальная тепловая машина, вечный двигатель и т.п.)

**3) По конечной цели выделяют эксперименты:**

- **Поисковый** (факторы не известны, устанавливается их значимость)
- **Преобразующий** (активное изменение факторов в соответствии с выдвинутой гипотезой) и **случайный** (случайное изменение факторов, строится на базе теории вероятности)
- **Констатирующий** – для проверки (констатации) предположений
- **Решающий или критический** (*experimentum crucis*, термин введен Ф.Бэконом) – ставится точка в споре, подтверждение теории или гипотезы

**Роль критического эксперимента в науке:**

- Ф.Бэкон считал его основой доказательств теорий
- Карл Поппер также считал наличие «экспериментум круцис» критерием достоверности научного знания.

**4) По воздействующим факторам: вещественный** (действие вещественных факторов) и **энергетический** (действие энергетических полей)

**5) По числу факторов: однофакторный** (поочередно меняют 1 фактор) и **многофакторный** (меняют сразу несколько факторов)

**6) По взаимодействию** с объектом: **пассивный** (нет активного влияния на меняющийся объект, т.е. только наблюдение за процессом его изменения) и **активный** (изменение воздействующих факторов)

**Методика эксперимента** – совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования или эксперимента.

Обоснование и выбор **правильной методики** – залог успеха любого исследования.

**Новая методика** – одно из защищаемых положений диссертации.

**Цель эксперимента** определяется поставленными задачами исследования.

**Стадии и компоненты разработки методики эксперимента:**

- 1) Предварительное наблюдение за объектом с целью выбора исходных факторов
- 2) Обоснование условий проведения эксперимента (выбор объекта, механизма воздействия на объект, устранение мешающих факторов и т.п.)
- 3) Определение и обоснование пределов изменений факторов

- 4) Обоснование и создание системы регистрации изменений (точность метода, автоматизация регистрации и т.п.)
- 5) Обоснование и создание системы повторяющихся ситуаций (воспроизведимость), перекрестных воздействий и факторов
- 6) Обоснование методов математической обработки результатов (статистические и др. методы)
- 7) Обоснование применения логического анализа, обобщения и способа теоретической обработки результатов

### 6.3. Теория планирования эксперимента

**Планирование эксперимента** - комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов, раздел математической статистики.

Основная **цель** планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов.

Планирование эксперимента применяется при поиске оптимальных условий, построении интерполяционных формул, выборе значимых факторов, оценке и уточнении констант теоретических моделей, анализе более 2-х факторов и др.

#### История методологии планирования эксперимента

С 1918г. Р. Фишер начал серию работ на Рочестерской агробиологической станции в Англии по оптимизации числа экспериментов. В 1935 году появилась его монография «Design of Experiments», давшая название всему направлению.

Фишер разработал **метод факторного планирования**. Его особенность – необходимость ставить сразу большое число опытов (выигрыш времени).

Математическое исследование **блок-схем эксперимента** выполнено Р. Боузом в 1939 г. Вначале была разработана теория сбалансированных неполноблочных планов (BIB-схемы). Затем Р. Боуз, К. Нер и Р. Рао обобщили эти планы и разработали теорию частично сбалансированных неполноблочных планов (PBIB-схемы).

В 1945 г. Д. Финни ввел **дробные реплики** от факторного эксперимента. Это позволило сократить число опытов и открыло дорогу техническим приложениям планирования. Другая возможность сокращения необходимого числа опытов была показана в 1946 г. Р. Плакеттом и Д. Берманом, которые ввели насыщенные факторные планы.

В 1947 г. - новый этап теории планирования эксперимента после создания Н. Винером теории **кибернетики**. Развитие – в наши дни.

#### Основные понятия:

**Факторы** – независимые переменные, влияющие на процесс или объект (обозначают  $x_1, x_2, x_3..$ ).

**Уровни фактора** – значения переменных в опыте.

**Функции отклика** – реакция системы на действующие факторы ( $y$ ).

**Связь**  $x_i$  и  $y$  дается функцией отклика вида:  $y=y(x_1, x_2, \dots, X_n)$ ,  $i=1, 2, \dots, m$  (поверхность); чаще всего описывается полиномом  $n$ -степени.

**Факторное пространство** – координаты ( $n$ -мерные), по осям которых отложены факторы.

**План эксперимента** – совокупность значений  $x_i$ , задаваемых в эксперименте.

**Этапы планирования эксперимента:**

- 1) Определение цели и задач эксперимента
- 2) Выбор главных и второстепенных факторов (включение по убыванию). Если факторов мало – однофакторный эксперимент, если много – многофакторный
- 3) Определение объема эксперимента (числа опытов)
- 4) Выбор шага изменения факторов (интервал между точками)
- 5) Выбор конкретных средств измерений (надо знать приборы, оптимальный журнал регистрации)
- 6) Выбор способов обработки результатов
- 7) Корректировка плана

**Литература по планированию эксперимента:** Фёдоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М., Наука, 1971; Налимов В.В. Теория эксперимента. – М., Наука, 1971; Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. – М., Изд-во АН СССР, 1972. Бродский В.З. Введение в факторное планирование экспериментов. – М., Наука, 1976 чебники по математической статистике.

**Задачи, решаемые планированием эксперимента:**

- Получение математического описания многофакторных систем с построением адекватных моделей
- Нахождение экстремальных режимов функционирования систем
- Сравнительный анализ разных вариантов испытаний
- Выявление наиболее существенных факторов, влияющих на систему

**Простые планы**, или однофакторные, предусматривают изучение влияния на зависимую переменную ( $y$ ) только одной независимой переменной -  $x$  (**однофакторный эксперимент**). Преимущество таких планов состоит в их эффективности при установлении влияния независимой переменной, а также в лёгкости анализа и интерпретации результатов.

Описываются функциями  $y = y(x)$  разного вида.

**Требование:** не менее 5 уровней (5 точек).

**Сложные факторные планы**

**Факторные планы** подразумевают использование более чем одной независимой переменной. Таких переменных (факторов) может быть сколько угодно, однако обычно ограничиваются использованием двух, трёх, реже — четырёх.

Факторные планы описываются с помощью системы нумерации, показывающей количество независимых переменных и количество значений (уровней), принимаемых каждой переменной. Например, факторный план  $2 \times 3$  («два на три») имеет две независимые переменные (факторы), первая из которых принимает два значения («2»), а вторая — три значения («3»); факторный план  $3 \times 4 \times 5$  имеет соответственно три независимые переменные, принимающие «3», «4» и «5» значений соответственно.

В эксперименте, проводимом по факторному плану  $2 \times 2$ , допустим, что один фактор, A, может принимать два значения — A1 и A2, а другой фактор, B, может принимать значения B1 и B2. В течение эксперимента согласно плану  $2 \times 2$  должно быть проведено четыре опыта: A1B1    A1B2    A2B1    A2B2

Порядок следования опытов может быть различным в зависимости от целесообразности, определяемой задачами и условиями каждого конкретного эксперимента.

### Чем больше факторов, тем больше опытов.

*Например*, если свойство грунта зависит от 5 факторов, то при изменении каждого 5 раз (т.е. по 5 уровней) необходимо провести  $5^5 = 3125$  опытов!!!

### Главная идея планирования:

Воздействие каждого фактора на результат выявляется в опытах при одновременном изменении сразу всех факторов (2-х, 3-х или более); за счет этого — сокращение числа опытов. Важно: установить существенные факторы, они должны быть управляемыми, однозначными, независимыми и измеряемыми с заданной точностью.

### Виды сложных факторных планов:

- **Полный факторный эксперимент (ПФЭ)** - реализуют все возможные сочетания уровней факторов; кол-во опытов превосходит число коэффициентов уравнения  $y = y(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- **Дробный факторный эксперимент (ДФЭ)** - реализует лишь часть возможных сочетаний уровней и позволяет уменьшить число опытов

### Пример дробного факторного эксперимента:

Изучаем влияние давления ( $P = x_1$ ) и температуры ( $T = x_3$ ) на проницаемость ( $\Pi$ ) песчаных пород разного состава.

Проницаемость оцениваем коэффициентом пористости ( $e = x_2$ ), состав пород — содержанием в них карбонатного цемента ( $C = x_4$  в %). Т.о. имеем 4 независимых фактора; для 5 уровней каждого из них получим, что надо провести  $5^4 = 625$  опытов!!!

С помощью методики ДФО уменьшаем кол-во опытов, не теряя точности и информации:

### Пример ДФЭ

Комбинационный квадрат состоит из 25 средних квадратов, разделенных на 25 малых, всего  $625 =$  числу опытов.

Заштрихованы квадраты, которые необходимо реализовать для точного решения поставленной задачи = 25, т.е. число опытов удалось уменьшить в 25 раз (методика обоснования и расчета комбинационного квадрата – см. в пособиях!!!).

В итоге получают зависимость:  $\Pi = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  или  $\Pi = f(P, T, e, C)$ .

## Лекция 7. Анализ и синтез в инженерной геологии и её научных направлениях. Системный анализ в инженерной геологии. Синергетика в инженерной геологии. Аналогия. Метод инженерно-геологических аналогий. Теория подобия в инженерной геологии

### 7.1. Общенаучные методы исследований. Теоретический уровень

#### Анализ и синтез

**Анализ** (от др. греч. «разложение, расчленение») — операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности человека.

Отсюда — **два вида** анализа:

- **Мысленный** (или логический) — теоретические методы исследований
- **Фактический** (предметный) — аналитические способы исследований объекта по частям (например, гранулометрический, минералогический и др.)

Логический анализ строится применением операции *ограничения*, т.е. дедуктивным путем от целого к частному; синтез — обратным путем: от частного к целому (*обобщение*) (рис. 2.3).

**Цель анализа:** познание частей как элементов целого

**Цель синтеза:** познание целого как состоящего из частей (элементов)

#### Анализ и синтез в инженерной геологии:

- Анализ и синтез при исследовании грунтов
- Анализ и синтез в инженерной геодинамике
- Анализ и синтез в региональной инженерной геологии
- Синтез в создании общей теории инженерной геологии

Анализ и синтез при изучении грунтов:



Рис. 7.1. Анализ и синтез при изучении грунтов

## Анализ и синтез в инженерной геодинамике

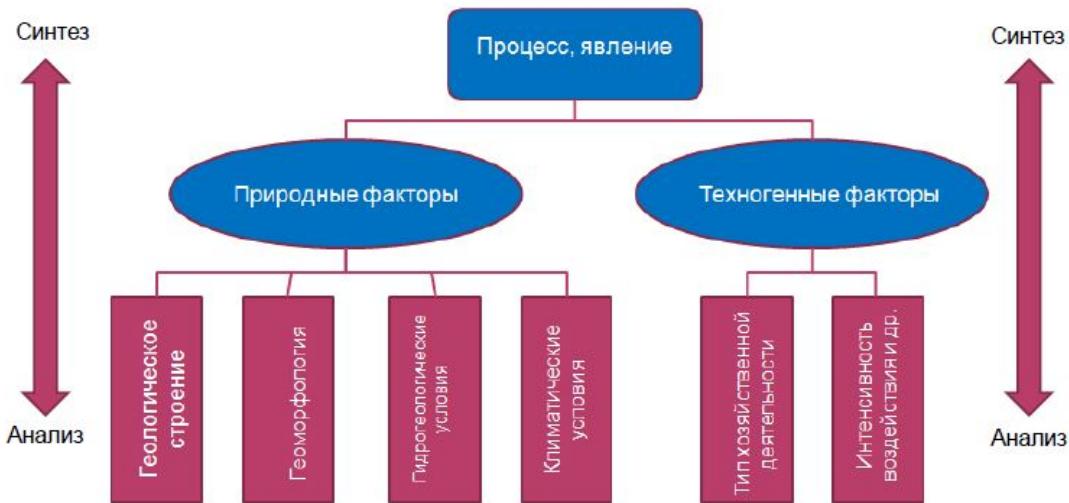


Рис. 7.2. Анализ и синтез в инженерной геодинамике

Но техногенные факторы действуют одновременно с природными факторами, и на этом пересечении картина усложняется (рис.7.2).

## Анализ и синтез в региональной инженерной геологии



Рис. 7.3. Анализ и синтез в региональной инженерной геологии

При инженерно-геологическом районировании реализуется системный подход рассмотрения единиц районирования, как единой системы (рис. 7.3).

### 7.2. Системный анализ в ИГ

Другая проблема анализа и синтеза: эмерджентность систем

**Вследствие закона перехода количественных изменений в качественные, не всякое целое можно получить путем суммирования его частей (!!).**

**Эмерджентность** (англ. *emergence* — возникновение, появление нового) в **теории систем (системном анализе)** — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; **несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов.**

**Синоним** — «системный эффект».

**Системный анализ** - научный метод познания целостных систем, обладающих структурой и эмерджентными свойствами, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы.

Строго говоря, это не самостоятельный метод познания, а совокупность всех методов, включая анализ и синтез. Поэтому правильнее говорить о **«системном подходе»**.

### Проблемы ИГ, решаемые системным анализом

- Проблема иерархии геологических тел в инженерной геологии – их изучение на разных масштабных уровнях (от образца до массива)
- Проблема перехода от свойств образца к свойствам массива
- Проблема разложения целого на части в геологии – проблема иерархии геологических тел (или проблема иерархии их «элементарных ячеек»)
- Проблема иерархии инженерно-геологических систем, ЛТС, ПТС и др.

### Системный анализ в геологии

На схеме (рис. 7.4) рассматривается геологический уровень организации материи, как более высокий, чем атомный или химический.

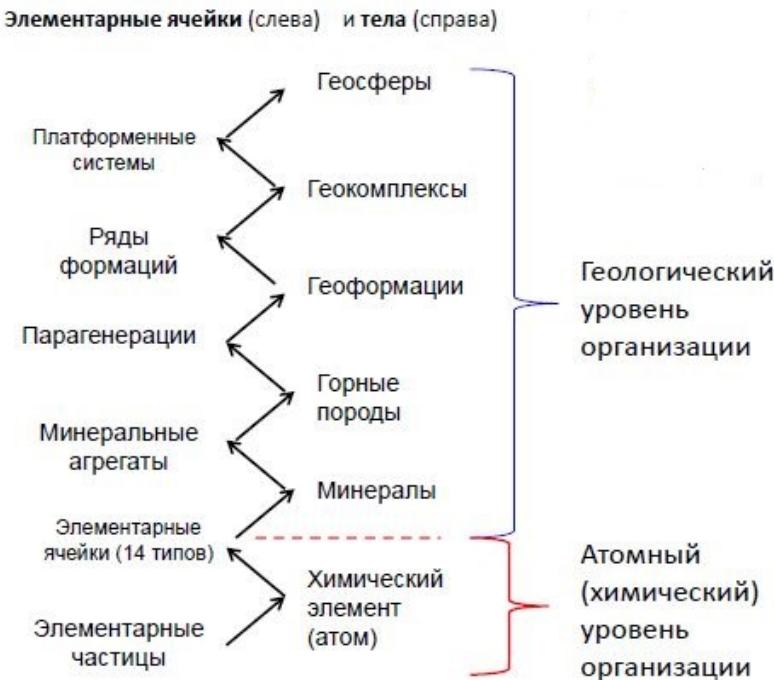


Рис. 7.4. Иерархия геологического уровня организации (по В. Ю. Забродину и др., 1986)

Основной недостаток схемы — все элементарные ячейки, кроме элементарных ячеек для минералов, обозначены, но окончательно не доказаны, как и не определены четко критерии выделения этих элементарных ячеек.

#### Проявления эмерджентности в инженерной геологии:

- Свойства массива не сводятся к сумме свойств, слагающих его грунтов
- «Масштабный эффект» проявляется в любых свойствах грунтов
- Геологическое явление (выветривание, оползень и др.) не сводится к сумме «элементарных» физических явлений (*редукционизм*)

Отсюда — необходимость иного вида анализа — системного.

Для реализации системного анализа необходимо (по Шарапову, 1977):

1. Определить предмет, который рассматривается как система
2. Составить перечень компонентов системы
3. Найти закон композиции и выявить структуру системы
4. Выявить эмерджентные свойства системы.

#### Синергетика в инженерной геологии

#### Взаимосвязь системного анализа и синергетики систем

Синергетика (от греч. συν — «совместно» и греч. εργος — «действующий») — междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является

изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем (состоящих из *подсистем*).

Или «...наука, занимающаяся изучением процессов самоорганизации и возникновения, поддержания, устойчивости и распада структур самой различной природы...»

### Основные принципы синергетики:

1. Природа иерархически **структурирована** в несколько видов открытых нелинейных систем разных уровней организации: в динамически стабильные, в адаптивные, и наиболее сложные — эволюционирующие системы.
2. Связь между ними осуществляется через хаотическое, **неравновесное состояние** систем соседствующих уровней
3. Неравновесность является необходимым условием появления новой организации, нового порядка, новых систем, т.е — **развития**.
4. Когда нелинейные динамические системы объединяются, новое образование не равно сумме частей, а образует систему другой организации или систему иного уровня (**эмержентность**)
5. **Общее** для всех эволюционирующих (включая ИГ) систем: неравновесность, спонтанное образование новых микроскопических (локальных) образований, изменения на макроскопическом (системном) уровне, возникновение новых свойств системы, этапы самоорганизации и фиксации новых качеств системы
6. **При переходе от неупорядоченного состояния к состоянию порядка все развивающиеся системы ведут себя одинаково** (в том смысле, что для описания всего многообразия их эволюций пригоден обобщённый математический аппарат синергетики)
7. Развивающиеся системы всегда **открыты** обмениваются энергией и веществом с внешней средой, за счёт чего и происходят процессы локальной упорядоченности и самоорганизации
8. **В сильно неравновесных состояниях** системы начинают воспринимать те факторы воздействия извне, которые они бы не восприняли в более равновесном состоянии
9. В неравновесных условиях относительная независимость элементов системы уступает место **корпоративному поведению элементов**: вблизи равновесия элемент взаимодействует только с соседними, вдали от равновесия — «видит» всю систему целиком и согласованность поведения элементов возрастает
10. В состояниях, далеких от равновесия, начинают действовать **биfurкационные механизмы** — наличие кратковременных точек раздвоения перехода к тому или иному относительно долговременному

режиму системы — аттрактору. Заранее невозможно предсказать, какой из возможных аттракторов займёт систему.

## Выводы

- Анализ и синтез — одни из самых распространенных общенаучных методов исследований, широко применимы в инженерной геологии
- Системный анализ (системный подход) — комплексный метод познания в ИГ
- Основные (нерешенные) геологические проблемы связаны изучением иерархии геологических тел
- Наименее изучено проявление эмерджентности и синергетики геологических и инженерно-геологических систем

### 7.3. Общенаучные методы исследований. Теоретический уровень

**Аналогия** — соответствие, равенство отношений; сходство предметов (явлений, процессов) в каких-либо свойствах, а также **познание путем сравнения** (разновидность сравнительного анализа).

**Метод аналогий** — метод исследований, посредством которого достигается знание о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими. *Универсальный метод в геологии – метод геологической аналогии.*

### Метод аналогии в геологии

**Принцип актуализма** — в геологическом прошлом действовали те же силы с такой же интенсивностью, как в настоящее время, поэтому знание современных геологических явлений можно без поправок распространять на геологическое прошлое любой действительности.

Прошлое – аналогия настоящего.

«Настоящее есть ключ к прошлому» (Ч. Лайель).

Не путать с «**униформизмом**» - принцип механического единобразия геологических сил, изменяющихся случайно, а не эволюционно.

### Метод аналогий в инженерной геологии

Путём использования средств наблюдения и управления, располагающихся между субъектом и объектом, мы можем воздействовать на изучаемый объект, и если мы доказываем аналогию, то можем перенести все характеристики объекта на изучаемый объект (O и M) (рис. 7.5).

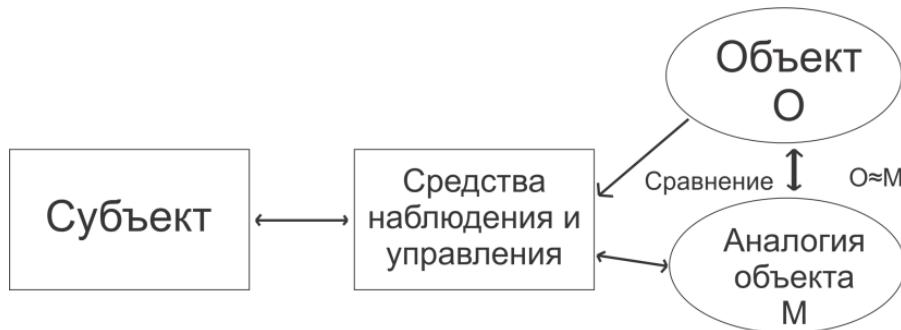


Рис. 7.5. Схема метода аналогий

Между сравниваемыми объектами должно иметься как различие, так и сходство; то, что является основой сравнения (*Tertium comparationis*), должно быть более знакомым (более известным), чем то, что подлежит сравнению.

$O \approx M$  только по некоторым (основным) признакам.

Различие и сходство вещей должны существовать в единстве (метафизическая аналогия) или по крайней мере не должны быть разделяемы (физическая аналогия).

В так называемой **атрибутивной аналогии** то, что является основанием подобия двух вещей, переносится с первого члена аналогии на второй (когда, например, по аналогии с человеческим телом поступки, поведение человека рассматривают как «здравье»).

В так называемой **пропорциональной аналогии** каждый из членов аналогии содержит нечто, в чем он в одно и то же время подобен и не подобен другому.

**Схема заключения по аналогии (индукция):**

Объект A обладает признаками a, b, c...,

Объект B обладает признаками b, c, d....,

Следовательно, объект B возможно обладает признаком «a», и тогда объект B будет аналогичен объекту A.

**Метод аналогии опасен тем, что если он основывается на сходстве внешних или второстепенных признаков, то можно получить ошибочное умозаключение.**

Пример: ошибочное объяснение движения Солнца вокруг Земли.

**Правила применения метода аналогий:**

1. Аналогия должна основываться на существенных признаках и на большом числе свойств сравниваемых объектов
2. Связь сравниваемых признаков должна быть максимально тесной
3. Аналогия устанавливается лишь для определенной связи, а не для всех отношений

4. Аналогия должна дополняться перечнем различий (которые подлежат дальнейшему изучению)

#### Виды аналогий:

- **Прямая аналогия** – сравнение напрямую изучаемого объекта со схожим
- **Символическая** (абстрактная) аналогия – основана на парадоксальной форме мышления (например: «прочность – это принудительная целостность» и т.п.)
- **Личная аналогия** – отождествление себя с исследуемым объектом («вживание в образ» и описание своих ощущений)
- **Фантастическая** аналогия – введение в объект «фантастических» элементов или средств, помогающих выявить изучаемое (типа «волшебной палочки»)
- **Физическая и математическая аналогия** – основаны на внешнем сходстве структур, физических законов, формул и т. п. Лежит в основе физического и математического моделирования
- **Выясненная** аналогия (в которой сопоставляемые элементы сходства можно проверить) и **гипотетическая** (смутная) аналогия (проверить нельзя. Например, седиментация в докембрии и в наше время)

#### Метод инженерно-геологических аналогий

*Метод природных аналогов* Л.Б. Розовского был разработан для прогноза развития берегов, сложенных преимущественно лёссовидными и рыхлыми отложениями на примере Днепровского каскада ГЭС. Оценка абразионной устойчивости склонов водохранилищ проводилась с помощью так называемых альбомов природных аналогов.

#### Основные критерии подобия (Л. Б. Розовского):

- **К<sub>1</sub>** – критерий геодинамического подобия, представляющий отношение энергии факторов, способствующих разрушению береговых уступов к потенциальной энергии факторов, противодействующих этому разрушению;
- **К<sub>2</sub>** – критерий литологического подобия;
- **К<sub>3</sub>** – критерий геометрической формы, который может быть выражен любой морфологической характеристикой.

#### Подобие как частный случай аналогии

#### Теория подобия

Два явления подобны, если по заданным характеристикам одного можно получить характеристики другого простым пересчетом (аналогично переходу от одной системы измерений к другой)

**Подобие** – это сходство, доведенное до пропорциональности изменений (более жесткое сходство, чем простая аналогия).

**Теория подобия** – основа моделирования.

### Отличия аналогии и подобия

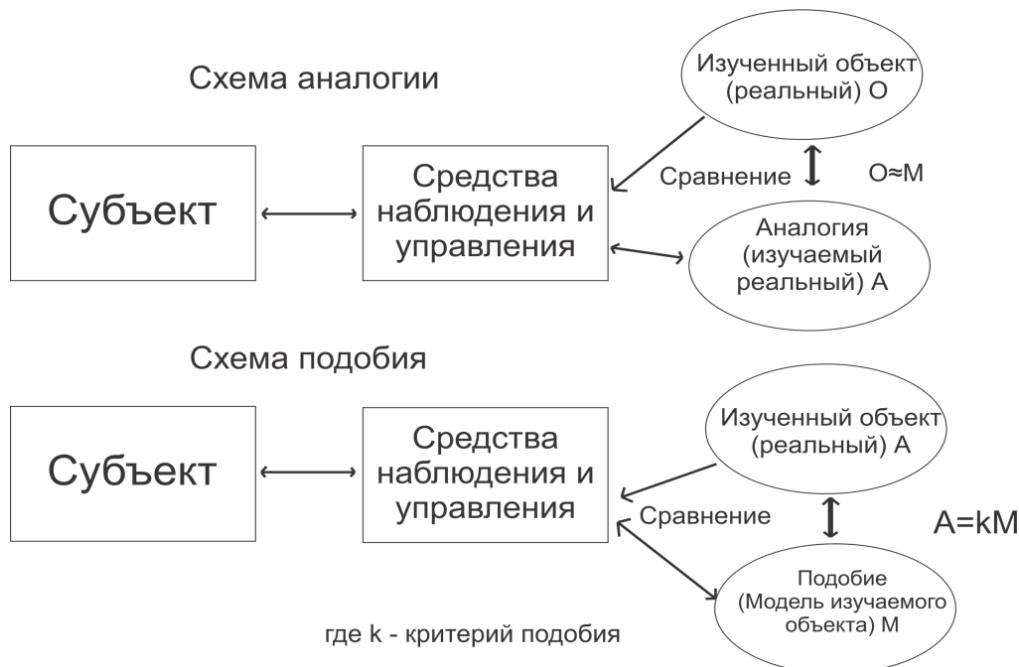


Рис. 7.6. Схема аналогии

Изучая модель, мы изучаем реальный объект, но сравнение доводим до соотношения, когда переход от модели к реальному объекту достигается путем домножения на переходный коэффициент подобия. Таким образом, анализируется жесткое равенство (рис. 7.6). Поскольку для реальных объектов доказательство по методу подобия очень сложно, метод аналогии никогда им не заменяется.

### Критерии строгого (физического) подобия:

**Геометрическое подобие** – пропорциональность формы и размеров.

**Кинематическое** – пропорциональность скорости, ускорений, направлений движений.

**Динамическое** – пропорциональность движений и сил.

**Механическое** – пропорциональность отношений между массами.

**Тепловое, физико-химическое и т.п.**

## Теория подобия в геологии и ИГ

### Неполное подобие = приближенное подобие

**Геологическое подобие** – случай приближенного подобия, при котором два или более процессов (явлений) лишь приближенно пропорциональны (только по существенным характеристикам).

**Типы геологического (или ИГ) подобия:** 1) Территория; 2) Геологических тел (от массивов до образцов); 3) Процессов; 4) Явлений.

### Первая теорема подобия (прямая):

**Если физические процессы подобны друг другу, то их одноименные критерии подобия имеют одинаковую величину.**

**Критерий подобия** – безразмерные комбинации величин, отражающие связи между существенными характеристиками.

Т.е. у подобных геологических процессов, явлений некоторые характеристики совпадают (инвариантны), другие изменяются согласованно (ковариантны), третьи – несогласованно (моновариантны). Сходство критериев подобия (инвариантных и ковариантных величин) означает подобие самых явлений.

### Вторая и третья теоремы подобия имеют подчиненный характер.

Литература по геологическому подобию:

- Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования – М., Недра, 1969
- Розовский Л.Б., Зелинский И.П. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. /Уч. пособие – Одесса, 1975, 115с.

### Выводы:

Аналогия является универсальным методом геологических исследований (применимым для любых явлений, тел, процессов и т.п.), в том числе – в инженерной геологии.

Теория подобия – основа моделирования (инженерно-геологическое моделирование)

Аналогия и подобие – разные понятия

Геологическое (инженерно-геологическое) подобие – неполное подобие (неполная аналогия).

**Лекция 8. Гипотеза и её виды. Гипотетический метод познания в инженерной геологии. Открытые гипотезы инженерной геологии. Доказательство гипотез. Закономерность и закон в инженерной геологии, их соотношение. Открытие закономерностей и законов.**

**8.1. Гипотетический метод познания в инженерной геологии**

**Гипотеза** (гипотетический метод познания) – недоказанное утверждение, предположение или догадка.

**Научная гипотеза** – научно-обоснованное предположение о неизвестном ранее явлении, свойстве, законе или о неизвестной связи между понятиями и/или концепциями (Международная Ассоциация авторов научных открытий).

Как правило, гипотеза высказывается на основе ряда подтверждающих её наблюдений (примеров), и поэтому выглядит правдоподобно. Гипотезу впоследствии или **доказывают**, превращая ее в установленный факт (теорему, теорию), или же **опровергают** (например, указывая контрпример), переводя ее в разряд ложных утверждений.

Недоказанная и неопровергнутая гипотеза называется **открытой проблемой**.

Гипотеза есть *умозаключение вероятности*.

Родственна умозаключению по неполной индукции (поэтому иногда ее рассматривают, как форму индуктивного умозаключения).

Согласно К. Попперу, именно с выдвижения гипотезы начинается научное исследование.

**Когда выдвигается гипотеза?**

- Когда на основе новых фактов мы не в состоянии объяснить причины явлений
- Когда нет фактических (опытных) данных
- Когда новые факты противоречат имеющейся (принятой ранее) теории
- Когда делается ретроспективный анализ или составляется прогноз

**Виды гипотез в ИГ:**

1. **Описательные** (предположение о существовании какого-либо ИГ явления, процесса и т.п.)
2. **Объяснительные** (вскрывают причины, механизм ИГ явлений, процессов и т.п.).
3. **Общие** (комбинированные – описательно-объяснительные)
4. **Рабочие** (предположение о решение данной поставленной ИГ задачи)

**Гипотеза панспермии** – гипотеза о появлении жизни на Земле в результате переноса с других планет каких-либо «зародышей жизни».

Была выдвинута немецким учёным Г. Рихтером в 1865 году.

Возможные переносчики «жизни» - кометы и метеориты.

### Новые данные по гипотезе панспермии

Канд. диссертация В. С. Чепцова «Жизнеспособность природных микробных сообществ в условиях моделирования параметров инопланетных грунтов и открытого Космоса» (Биол. ф-т МГУ, 2019), представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.03 – Микробиология.

Им показано, что:

1. Естественные микробные сообщества экстремальных местообитаний Земли способны выдерживать воздействие ионизирующей радиации в сверхвысоких дозах, а при воздействии экстремальных клеток и их метаболическая активность;
2. Бактерии имеют значительно более высокую радиорезистентность *in situ* в естественной среде обитания по сравнению с их устойчивостью в чистой культуре;
3. Природные микробные сообщества выдерживают воздействие ионизирующего излучения в сочетании с низкими температурами и низким давлением в дозах, обеспечивающих потенциальную возможность выживания экосистем земного типа:
  - в поверхностном слое марсианского реголита в течение не менее 13 млн. лет и в течение не менее 200 млн. лет на глубине 5 м,
  - в открытом космосе в составе метеоритов в течение не менее 4 млн. лет,
  - во льду спутника Юпитера Европы на глубине 10 см в течение не менее 2 тыс. лет;
4. Естественные микробные сообщества экстремальных местообитаний Земли способны выдерживать длительное воздействие низкого давления, в том числе, в сочетании с воздействием ультрафиолетового излучения;
5. Сублимация подповерхностного льда может являться источником жидкой воды в верхнем слое марсианского реголита и обеспечивать возможность нормального функционирования сообществ земного типа.

### Правила построения гипотезы:

1. Гипотеза должна находиться в соответствии с имеющимися твёрдо доказанными фактами.

2. Она не должна включать в себя много исходных положений (лучше одно основное).
3. В нее нельзя включать неоднозначные понятия и категории.
4. Среди нескольких возможных гипотез предпочтение надо отдавать той, которая согласуется с большим числом фактов.
5. Для объяснения фактов надо использовать как можно меньше гипотез, но как можно теснее связанных между собой.
6. Необходимо подчеркивать вероятностный характер гипотезы.
7. Две противоречащие гипотезы нельзя объединить (закон противоречия), они не могут быть одновременно истинными.
8. Необходимо ее четкое стилистическое и логическое оформление, простота.

#### Стадии образования гипотезы:

- 1) Установление противоречий между новым фактом и имеющейся теорий.
- 2) Всестороннее изучение этого противоречия, явления, выяснение причин и обстоятельств.
- 3) Выдвижение гипотезы о возможной причине этого явления (процесса и т.п.).
- 4) Определение следствий, логически вытекающих из предполагаемой причины.
- 5) Проверка соответствия следствий фактам действительности, т.е. подтверждение истины, доказательство гипотезы и перевод её в ранг теории или закона.

#### 8.2. Гипотезы в инженерной геологии

- 1) **Гипотеза иерархичности геологических и инженерно-геологических тел** (закон иерархии пока не доказан).
- 2) **Гипотеза об иерархичности строения (структуры) грунтов** при переходе от микро- до макроуровня – от образца до массива (закон иерархии пока не выявлен).
- 3) **Гипотезы генезиса просадочности лёссовых пород.**

Все гипотезы и механизме формирования просадочности можно разделить на два класса: гипотезы недоуплотнения лёссов, в основе которых лежит наличие или формирование недоуплотнения, вследствие чего преобразуются просадочные свойства, и гипотезы разуплотнения, когда эпигенетические лессовые образования преобразуют разуплотнения, а значит приобретают просадочные свойства ( по В. Т. Трофимову).

В каждом классе выделяются группы и отдельные виды.

#### 4) Гипотезы о влиянии космических объектов на геологические процессы на Земле

- Аспекты (3 группы гипотез): 1) влияние на Землю её ближайшего окружения – Луны, комет и астероидов; 2) влияние на Землю процессов, происходящих на Солнце; 3) влияние удаленных объектов.

#### 5) Гипотеза о большей интенсивности инженерно-геологических процессов по сравнению с природными геологическими.

6) Гипотеза о частоте проявления геологического (инженерно-геологического) процесса (высказана В. А. Королевым) – частота возникновения геологического процесса ( $Q$ ) данного типа (генезиса) обратно пропорциональна масштабам его проявления ( $V$ ), его интенсивности (энергии,  $E$ ) и объему развития в пределах земной коры ( $S$ ):

$$Q=f(V,E,S)$$

7) Гипотеза активизации экзогенных геологических процессов в связи с глобальным потеплением климата – многолетнее глобальное потепление климата обуславливает устойчивую тенденцию активизации проявления ЭГП, зависящих от климатических факторов

### 8.3. Доказательство гипотез

**Доказательство** – это совокупность логических приёмов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений и фактов.

**Структура доказательства:**

- 1) Высказывается **тезис** – утверждение, истинности которого надо доказать (теорема, гипотеза, защищаемое положение)
- 2) Подбираются **аргументы и факты** – это те истинные суждения, которыми пользуются при доказательстве тезиса
- 3) Обосновывается и проводится **демонстрация** (форма доказательства) – способ обоснованной логической связи между утверждаемым тезисом и аргументом)

**Виды доказательств:**

- **Прямое доказательство** – идет от рассмотрения аргументов к доказательству утверждаемого тезиса, т.е. истинность доказательства непосредственно обосновывается аргументами.
- **Косвенное доказательство** – доказательство, в котором истинность выдвинутого тезиса обосновывается путем доказательства ложности утверждаемого антитезиса.

**Антитезис может быть выражен в одной из двух форм:**

- 1) Если тезис обозначить буквой А, то его отрицание ( $\neg A$ ) будет антитезисом, то есть противоречащим тезису суждением;
- 2) Антитезисом для тезиса А в суждении А...В...С служат суждения В и С.

В зависимости от этого различия в структуре антитезиса *косвенные доказательства делятся на два вида:*

- Апагогическое (доказательство от «противного») – осуществляется путем установления ложности противоречащего тезису суждения. Этот метод часто используется в математике.
- Разделительное доказательство (методом исключения) – антитезис является одним из членов разделительного суждения, в котором должны быть обязательно перечислены все возможные альтернативы, например: явление может быть вызвано либо А, либо Б, либо С. Доказано, что явление не вызывает ни А, ни Б. Следовательно, явление вызвано С.

Здесь истинность тезиса устанавливается путем последовательного доказательства ложности всех членов разделительного суждения кроме одного (как в методе остатков Милля).

#### **Логические ошибки доказательств:**

- 1) Подмена доказываемого тезиса (в ходе доказательства).
- 2) **Использование нечетких определений понятий (терминов)**
- 3) Принятие необоснованных аргументов (в т.ч. ссылки на авторитеты в науке)
- 4) **Принятие ошибочных аргументов (логические ошибки в силлогизмах, «учетверение терминов» и т.п.)**
- 5) Доказательство через доказываемое (круг в доказательстве – логическая ошибка)

#### **Формы доказательств (аргументации):**

- **Дедуктивное** доказательство - строится по схеме силлогизма, из общего доказывается особенное (строгое доказательство). Тезис – достоверное суждение.
- **Индуктивное** доказательство - из отдельных фактов (аргументов) доказывается общее утверждение (не строгое доказательство в силу вероятностного характера, аналогии).
- **Смешанное** - начинается с индукции, затем переход к полной индукции и дедукции.

#### **Выходы:**

- Гипотеза - двигатель науки
- В инженерной геологии имеется целый ряд открытых гипотез
- Доказательство - способ поиска истины и важнейший способ научного исследования
- Доказательство - способ перевода гипотезы в теорию

#### 8.4. Общенаучные методы исследований. Теоретический уровень

##### Закономерность и закон в инженерной геологии

**Закономерность** (в геологии) - необходимая, существенная, постоянно повторяющаяся взаимосвязь явлений, определяющая этапы и формы процесса становления и развития геологической формы движения материи.

**Закон** (в геологии) - верbalное и/или математически сформулированное утверждение, описывающее существенные связи между различными геологическими понятиями, явлениями, процессами, предложенное в качестве объяснения геологических фактов и согласующееся с опытными данными.

##### Открытие закономерностей и законов

##### Виды законов (в науке вообще):

**Законы всеобщие** (универсальные) - общие философские законы, законы диалектики. Не обладают строгим математическим выражением (вербальные законы).

**Законы общие** - характеризуют отношения между общими свойствами больших совокупностей объектов и др. явлений (закон сохранения массы и т.п.). Обладают строгим математическим выражением.

**Законы частные** (специфические) - выражают отношения между специфическими явлениями или частными свойствами геол. объектов (напр. Закон Гука и др.). Обладают строгим математическим выражением.

##### Соотношение понятий и видов законов:

Частные законы и закономерности в инженерной геологии могут быть собственными (действующими лишь в ИГ) и несобственными (применимыми и в других науках).

##### Инженерная геология строится на основе собственных законов.

Закономерности - «кирпичики» законов.

Границы между законами условны, подвижны, т.к. в частных законах проявляется действие общих и всеобщих.

Тем не менее, в геологии многие закономерности возводятся в ранг закона (пример: В. Д. Ломтадзе. «Словарь по инженерной геологии»).

Открытие новых свойств, явлений, закономерностей и законов - основная цель и сущность научных исследований.

### **Закономерность и закон в инженерной геологии**

**Закономерность** (в геологии) - необходимая, существенная, постоянно повторяющаяся взаимосвязь явлений, определяющая этапы и формы процесса становления и развития геологической формы движения материи.

**Закон** (в геологии) - вербальное и/или математически сформулированное утверждение, описывающее существенные связи между различными геологическими понятиями, явлениями, процессами, предложенное в качестве объяснения геологических фактов и согласующееся с опытными данными.

### **Открытие закона. Научное открытие**

**Научное открытие** - установление неизвестных ранее, объективно существующих (доступных проверке) закономерностей, свойств, явлений и законов материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания.

**Название открытия** должно кратко отражать сущность заявленного положения.

**Приоритет открытия** – документальное подтверждение авторства (первая публикация, устный доклад и т.п.).

**Доказательство достоверности открытия** - теоретическое и/или экспериментальное доказательство существования открытия (явления, закономерности и т.п.)

Область научного значения открытия - вклад открытия в науке:

- Изменяет сложившиеся научные представления в данной области
- Объясняет научные факты и данные, ранее не находившие объяснения
- Является основой для новых направлений в науке и т.п.

### **Система регистрации научных открытий:**

- 1879-1922 гг. - попытки обоснования системы регистрации открытий с целью охраны авторских прав ученых
- 1922-1939 гг. - обсуждение этих вопросов в Лиге Наций
- 1947 г. - введение правовой охраны научных открытий в СССР (АН СССР). Существовала до 1992 г.
- 1953-1954 гг. - обсуждение в ЮНЕСКО. Рекомендация: создать в странах системы нац. регистрации открытий.
- 1967 г. - создание Всемирной организации интеллектуальной собственности - учреждения ООН (Конвенция ВОИС). Подписало 47 государств

- 1978 г. - принятие Женевского договора о межд. регистрации научных открытий.
- 2000 г. в России регистрацией занимается общественная - Международная ассоциация авторов научных организаций открытий (под эгидой РАЕН).

### Открытие закономерностей и законов

В России авторство на научное открытие законом не охраняется (Статья 1259 ГК РФ):

#### Статья 1259. Объекты авторских прав

«1. Объектами авторских прав являются произведения науки, литературы и искусства независимо от достоинств и назначения произведения, а также от способа его выражения...

«4. Для возникновения, осуществления и защиты авторских прав не требуется регистрации произведения или соблюдения каких-либо иных формальностей...

«5. Авторские права не распространяются на **идеи, концепции, принципы, методы, процессы, системы, способы, предлагаемые решения технических, организационных или иных задач, открытия, факты...**».

Автору произведения принадлежат следующие права:

- 1) исключительное право на произведение;
- 2) право авторства;
- 3) право автора на имя;
- 4) право на неприкосновенность произведения;
- 5) право на обнародование произведения.

Любая публикация – авторский продукт, исключительными правами на который обладает только Вы. Без Вашего согласия никто не имеет права использовать Ваши материалы, не ссылаясь на Вас, не спрашивая Вашего разрешения на публикацию рисунка, графика и т.д.

#### © - символ охраны авторского права

### Формулы открытий

**Формула открытия** - словесная характеристика сущности научного открытия, сжато, четко и исчерпывающе выражающая новое научное понятие.

**Часто формула открытия является положением, защищаемым в диссертации.**

Формула открытия состоит из одного грамматического предложения, включающего в себя основные характеристики открытия.

### Структуры формулы открытия на «явление»

- 1) Указание на способ получения доказательств
- 2) Название открытия, отражающее суть
- 3) Связка «заключающееся в том, что»
- 4) Описание условий, при которых наблюдается явление
- 5) Характеристика явления
- 6) Отражение причинно-следственных связей (причины явления)

### Пример формулировки открытия «явление»

[1] Экспериментально установлено неизвестное ранее

[2] явление выделения из пиритсодержащей горной породы элементарной серы под действием тионовых бактерий, заключающееся в том, что

[3] в водно-воздушных условиях в порах пиритсодержащей горной породы

[4] тионовые бактерии разлагают микрокристаллы пирита по их внешней поверхности на элементарную серу и сопутствующие компоненты,

[5] что обусловлено процессами метаболизма бактерий.

Сформулированное новое явление может использоваться, как защищаемое положение Вашей магистерской диссертации.

### Структура формулы открытия на «свойство»

- 1) Указание на способ получения доказательств
- 2) Название открытия
- 3) Связка «заключающееся в том, что»
- 4) Описание условий, при которых наблюдается свойство
- 5) Отражение причинно-следственных связей (причины свойства)

### Пример формулировки открытия «свойство»

[1] Экспериментально установлено неизвестное ранее

[2] свойство бишофита подавлять рост и размножение патогенных микроорганизмов, заключающееся в том, что

[3] при прямом воздействии бишофита на микроорганизмы и через активацию иммунного ответа организма происходит их гибель,

[4] обусловленная повреждением клеточных мембран микробов

### Структура формулы открытия на «закономерность»

- 1) Указание на способ получения доказательств
- 2) Название открытия
- 3) заключающееся в том, что

- 4) Характеристика связи между наблюдаемыми явлениями и их изменениями
- 5) Отражение причинно-следственных связей (причины закономерности)

**Пример формулировки открытия «закономерность»:**

- [1] Установлена неизвестная ранее
- [2] закономерность разрушения горных пород в приконтурной области выработки, заключающаяся в том, что
- [3] при разгрузке напряженного массива интенсивность разрушения пород в приконтурной области увеличивается с уменьшением пригрузки границы фронта разрушения,
- [4] обусловленная изменением соотношения компонент напряжений и условий раскрытия трещин в этой области

Придерживаясь этой формулы, Вы дадите правильное формулирование новой закономерности в виде защищаемого положения, которое будете отстаивать в Вашей магистерской диссертации.

Эти формулы – не жесткие рамки, которых обязательно надо придерживаться, но это очень удобный метод для того, чтобы ничего не упустить. Часто защищаемые положения подменяются некими названиями, перечислением сделанного, а не новизной, которую автор пытается защитить. **Это ошибка.**

**Лекция 9. Основы номологии. Классификация геологических законов.**  
**Представления И.П.Шарапова, В.И.Вернадского и др. Номологическая база  
инженерной геологии. Законы грунтоведения, инженерной геодинамики,  
региональной инженерной геологии.**

**9.1. Закон как общенациональный метод исследований. Основы номологии**

**Номология** (от греч. nomos - закон и logos - слово, учение) - раздел методологии науки, изучающий методы формулирования закономерностей, законов и создания на их основе научных теорий данной науки.

**Соотношение законов и закономерностей**

Закон и закономерность тесно взаимосвязаны.

Под **закономерностью** понимают относительно устойчивую и регулярную взаимосвязь между явлениями и объектами реальности, обнаруживающуюся в процессах их изменения и развития (Добреньков, Осипова, 2007).

**Закон - обобщение закономерностей.**

Трофимов В.Т. Теоретические аспекты инженерной геологии - М., «Академ, наука», 2019. 280 с.

**Соотношение законов и закономерностей по И.П. Шарапову (1989)**

«Повторение одинаковых или почти одинаковых событий в определенной обстановке мы воспринимаем как **закономерность**, т.е. как подчиненность какому-то вообще неизвестному **закону**».

«Фиксируя сопутствующие явления повторяющегося события, мы можем с той или иной вероятностью предсказывать появление нового события».

«Осмысленная формулировка того, что приводит к закономерности,дается в **законе**».

Наряду с закономерными событиями существуют и случайные, незакономерные или вероятностные события. Таким образом, если случайность это непознанная закономерность, то закон - это **познанная закономерность** или, точнее, результат познания закономерности, выраженный определенным суждением.

Отсюда по И.П. Шарапову (1989, с.74) следует, «что закон природы – это сущностная, объективная, необходимая, общая в определенной области, инвариабельная связь двух предметов или двух групп предметов».

«**Гносеологический аспект закона** – отражение объективной связи двух предметов, образующееся в сознании исследователя».

«**Как логическая, языковая конструкция, закон – система двух нетривиальных суждений**, между которыми есть отношение фактического или логического следования».

«Иначе говоря, **закон** - диадическое высказывание или совместимость двух нетривиальных суждений, имеющая объективный, необходимый, общий в соответствующей области и инвариабельный характер».

**По своей логической форме все научные законы представляют собой суждения о чем-то (номологические высказывания), подчиняющиеся правилам логики.**

#### Основные идеи классификации законов:

- Деление исследуемых наукой (в т.ч. геологией) предметов на реальные тела (Т), процессы их изменения (П) и идеи (И) [или идеальные системы]
  - Классы законов выделяются по парному сочетанию партнёров, т.е. как возможные сочетания между Т, П и И.
    - 1) **Класс Т2 - Т2.** (Ряд имеющихся геол. законов).
    - 2) **Класс Т - П.** или **П - Т.** (Ряд геол. законов).
    - 3) **Класс П1 - П2.** (Ряд геол. законов).
    - 4) **Класс Т - И** или **И - Т.** (Законы этого класса в геологии по мнению И.П. Шарапова (1989) еще не открыты).
    - 5) **Класс П - И** или **И - П.** (Законы этого класса в геологии тоже еще не найдены).
    - 6) **Класс И1 - И2.** (Ряд сравнительно-геологических законов).

Классы законов четвертого и пятого типа могут дать нам возможность по-иному анализировать инженерную геологию или ее отдельные научные направления.

#### Другие принципы систематизации законов

##### По форме:

- Законы-тенденции (чаще это «закономерности»)
- Законы однозначной детерминации
- Статистические законы (вероятностные)

##### По отношению друг к другу:

- Формальные и содержательные
- Внутренние и внешние
- Всеобщего и частного (особенного)
- Необходимого и случайного

##### По состоянию движения (покоя):

- Статики и динамики

##### По пространству:

- Мегамира, макромира, микромира и т.п.

## Представления В. И. Вернадского

### Законы в науках о Земле:

1) Модификация, приложение **общих законов физики, химии, термодинамики, математики и других точных наук** к объектам геологии.

2) **Законы-тенденции**, связанные с историей развития Земли и отражающие своеобразие и уникальность реализованных геологических процессов во времени и пространстве.

Первая категория законов, выделенных В.И. Вернадским - общие законы, не являются в строгом смысле собственно геологическими законами, а выступают лишь их приложением к геологическим объектам.

Вторая категория законов, напротив, относится только к геологической форме движения материи, только к геологическим объектам, а поэтому эти законы и являются собственно геологическими законами в полном смысле этого слова.

Актуальность собственных законов в инженерной геологии.

### Выводы:

- Номология - важнейший раздел методологии науки. Без номологии нет и методологии науки.
- Классификация законов может строиться по разным критериям (принципам), но наиболее ценный и полезный – путь, предложенный Шараповым.
- Разработка собственных законов инженерной геологии (и геологических наук в целом) - актуальная задача.

Необходимо выявлять повторяемость, выискивать повторяющиеся явления, события между любыми объектами и процессами, выявлять закономерность и обобщать их. Это приведет к закону.

Далее речь пойдет о собственных законах инженерной геологии.

### Номологическая база инженерной геологии

### Собственные законы инженерной геологии:

### ОСНОВНОЙ ЗАКОН ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Первая формулировка основного закона инженерной геологии в 1981 г. была дана Г. К. Бондариком в следующем виде:

«Современное состояние среды и ее движение в физическом времени обусловлены тектонической и палеогеографическими обстановками, современным физико - географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека».

Позже многие авторы пытались по-своему излагать этот закон.

### **Основной закон инженерной геологии**

«Инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются историей его геологического развития, современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях и характером техногенных воздействий» (Трофимов В.Т., 1999).

#### **Значение (следствия) основного закона инженерной геологии:**

- 1) По сути, это закон об инженерно-геологических условиях (ИГУ) и факторах их формирования;
- 2) Из него следуют компоненты ИГУ;
- 3) Из него следует построение методологии оценки ИГУ;
- 4) На нем строится методика инженерно - геологических изысканий, поскольку все нормативные документы строятся на базе методологии оценки инженерно – геологических условий.

### **ЗАКОН АДАПТАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Геологическая среда в ходе своей эволюции адаптируется к внешним воздействиям и протекающим в ней геологическим процессам, приобретая квазиравновесное состояние, которое под влиянием каждого последующих, особенно экстремальных, техногенных процессов нарушается и требует нового адаптационного периода в формирующемся геотехногенном режиме (Дудлер, 1999).

Как открытая система, геологическая среда постоянно находится во взаимодействии с внешними полями, как природного, так и техногенного характера, и, видоизменяясь, адаптируется под эти новые изменения.

Если обосновать количественные пороговые уровни воздействия полей разной природы на разные компоненты геологической среды, мы можем получить какие-то количественные взаимосвязи, подтверждающие данный закон адаптации.

### **ЗАКОН ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ**

Общее положение, закон инженерной геологии: использовать территории, строить сооружения и производить инженерные работы необходимо в соответствии с существующими геологическими условиями – организацией геологического пространства (Ломтадзе, 1999).

Здесь говорится о том, что возводить сооружения нужно с учетом инженерно – геологических условий, и первым, кто зафиксировал данное положение на бумаге, был В. Д. Ломтадзе.

Инженерно - геологические условия сами по себе не существуют, это идеализация. Более того, одна и та же территория может иметь разные инженерно - геологические условия при строительстве разных объектов.

Закон В. Д. Ломтадзе требует, чтобы проектируемое сооружение соответствовало определенным инженерно – геологическим условиям, которые должны включаться в анализ.

## **9.2. Законы грунтоведения**

### **ОСНОВНОЙ ЗАКОН ГРУНТОВЕДЕНИЯ**

Впервые рассматривался Е.М. Сергеевым в 1952 г.

Анализируя состояние грунтоведения в середине XX века и проблему изучения грунтов, он писал: «В основе этого изучения должен лежать основной принцип советского грунтоведения - принцип, намеченный уже в работах гениального русского ученого М.В. Ломоносова: свойства грунтов зависят от их генезиса» (Сергеев, 1952, с. 17).

«...состав и структура горной породы и физико - механические свойства грунта являются продуктом равнодействующей физических полей, обусловивших ее генезис и последующий литогенез» (Бондарик, 1968).

«Состав, строение, состояние и свойства грунтов определяются их генезисом, характером постгенетических процессов и современным пространственным (координатным) положением» (Трофимов В.Т., 1999).

При анализе любого грунта должна учитываться именно такая последовательность : состав, строение, состояние и свойства грунтов – это логически обусловленная цепочка; такой путь приводит к тому, что свойства определяются составом и строением грунта, а не наоборот.

### **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДИНАМИКИ**

Первые два закона инженерной геодинамики были сформулированы Г.К. Бондариком в 1981 году.

#### **Первый закон:**

«Экзогенные (физико-геологические) процессы есть результат взаимодействия геологической среды с внешними средами, которые проявляются в ее областях с неустойчивой структурой» (Бондарик, 1981, с.46).

#### **Второй закон:**

«Геологическая среда всегда прямо или косвенно взаимодействует с любым сооружением или иным продуктом человеческой деятельности, изменяя свою

структур и свойства. Результатом этого взаимодействии являются инженерно-геологические процессы» (Бондарик, 1981, с.46).

Речь идет именно о возникновении инженерно-геологических процессов, как аналоге природных геологических процессов, вызванных человеком.

«Морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных (инженерно-геологических) геологических процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы и ее взаимодействием с внешними средами, включая техногенное воздействие» (Трофимов В.Т., 1999).

Этот закон мог бы называться **законом Саваренского – Каменского – Золотарева**.

#### **Законы региональной инженерной геологии:**

##### **Закон И.В. Попова:**

«Региональные закономерности процессов и явлений, типичные для больших территорий, определяются:

- геологическим строением (формациями пород и тектоническими структурами);
- геологической историей развития региона, особенно за новейшее время и
- климато - гидрологическими палеоусловиями и современными условиями» (Попов, 1973).

##### **Формулировка Г.К. Бондарика:**

«Структура и свойства геологической среды, контролирующие ее современное состояние как в целом, так и в пределах ее областей - геосистем, - определяются тектонической и палеогеографической обстановками (историей геологического развития), современными физико-географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека» (Бондарик, 1981, с.46).

Обратите внимание, что в законе Попова ничего не говорится, о техногенном воздействии и техносфере вообще. По сути, закон Попова говорит о природных процессах формирования региональных факторов инженерно-геологических условий – в этом недостаток закона Попова.

#### **Основной закон региональной инженерной геологии:**

##### **Формулировка В.Т. Трофимова:**

«Современные особенности инженерно-геологических структур Земли определяются историей их геологического развития, современным пространственным положением, контролирующим тектонический режим и характер тепло- и

влагообеспеченности, а на освоенных территориях - и характером техногенных воздействий» (Трофимов, 1999) .

### Законы экологической геологии:

**Первый закон** экологической геологии состоит в том, что эколого – геологические свойства (функции) литосферы и ее компонентов, их пространственно - временные изменения определяются историей их геологического развития во взаимодействии с внешними природными средами и техносферой (Трофимов, 2002).

**Второй закон** экологической геологии также имеет общий характер и состоит в том, что динамика (скорость, характер движения) экологических функций литосферы и ее компонентов обусловлена их природными свойствами, видом и интенсивностью взаимодействия с внешними, в том числе техногенными средами (Трофимов, 2002).

**Третий закон** экологической геологии состоит в том, что современные экологические качества литосферы определяются природными факторами и техногенезом, что обуславливает необходимость поиска их оптимального сочетания и разумного компромисса между природой и человеком (Трофимов, 2002).

### Выводы

- Формулирование собственных законов инженерной геологии и экологической геологии ведется лишь последние 20-50 лет
- Поэтому разработка номологических основ инженерной геологии и экологической геологии насущная необходимость современности
- Собственные законы инженерной геологии и экологической геологии пока имеют верbalное выражение

## Лекция 10. Научная теория

### 10.1. Научная теория в инженерной геологии.

Прежде чем разговор пойдет об инженерных теориях, поговорим о теориях вообще, о том, какова их цель, как она должна строиться. Затем перейдем к анализу теорий в инженерной геологии.

**Теория** (от лат. *theoreo* - рассматриваю; и греч. *theoria* - исследование) – система обобщенного знания, объяснения и предсказания тех или иных сторон действительности.

Теория выступает как форма синтетического знания, в границах которой отдельные понятия, гипотезы и законы теряют прежнюю автономность и становятся элементами целостной системы.

Назначение (цель) научной теории заключается:

4. Объяснение явлений (процессов, механизма и т.п.).

5. Разработка терминологии. Новые научные теории охватывают новые направления в той области или науки, где не разработана терминология или требуется введение новой терминологии.

6. Предсказание явлений (процессов и т.п. - предсказательная сила теории).

**Типы теорий** по соотношению трех позиций (выше):

Если теория ограничивается пунктом (1) – **ограниченная теория**.

Если содержит пункты (1) и (3) - **плодотворная теория**. У плодотворной теории максимальная научная ценность. Если к плодотворной теории добавляется еще и разработка терминологии, то она отражает все три функции научной теории.

**Проверка теории**

Проверка выполняется в ходе доказательства. Если проверка выполняется, то считается, что теория доказана. Без проверки считается, что теория не доказана на 100%.

- Критерий истинности теории - практика.
- Ложные теории - «мусор» науки.

Ложные теории – это следствие сложной научной деятельности. Для того чтобы освобождаться от ложных теории – проводится проверка. Два варианта проверки теорий:

1. Экспериментальный (не все можно проверить экспериментально).

2. По предсказательной силе (если из теории следуют не известные ранее события, явления и т.п., то теория истинна).

Оба этих варианта равнозначны для проверки той или иной теории.

Как отличать ложные (псевдонаучные) теории? Очень трудно отделить новую научную теорию от псевдонаучной. Необходимо, по крайней мере, ориентироваться на указанные пять позиций (**черты псевдонаучной теории**):

- игнорирование или **искажение** фактов;

- **нефальсифицируемость** (несоответствие критерию Поппера), то есть невозможность поставить эксперимент (хотя бы мысленный), один из принципиально возможных результатов которого противоречил бы данной теории;
- **отказ** от попыток сверить теоретические выкладки с результатами наблюдений при наличии такой возможности, замена проверок апелляциями к «интуиции», «здравому смыслу» или «авторитетному мнению»;
- использование в основе теории **недостоверных** данных – факты должны быть проверены несколько раз;
- **введение** в публикацию или обсуждение научной работы политических и религиозных установок.

## 10.2. Структура научной теории.

Структура научной теории – очень важный вопрос. Структура строится таким образом, чтобы была система. С другой стороны, структура делится на:

1. Формальная часть (уравнения, правила, аксиомы и т.п.) - может отсутствовать.  
Формулы теории называются теоремами.
2. Содержательная часть (категории, законы, закономерности, принципы, постулаты, идеи и т.п.) - общий принцип теории, интерпретация идей и методология (обязательная часть).

Структура содержательной части может быть различной, но в методологии выделяется три основных элемента:

1. Исходные принципы или постулаты (от лат. postulatum - требуемое) - положения, суждения, принятые в качестве исходных и недоказуемых в рамках данной теории.
2. **«Внутренне ядро»** теории основные принципы, гипотезы, законы, закономерности и т.п., составляющие суть теории, как системы.
3. **«Защитный пояс»** ядра – вспомогательные гипотезы, проблемы, подлежащие дальнейшему изучению, факты, объясняющие теорию и т.п.

Пример «защитного пояса» - сбор Ч. Дарвином фактов, противоречащих его теории происхождения видов и их истолкование в свою пользу. Как известно, Ч. Дарвин создал свою теорию происхождения видов, точнее пришел к этой теории после кругосветного путешествия. Идея: виды видоизменяются и происходят вследствие действия многих факторов внешней среды и взаимодействующих других живых организмов, влияющих на эти виды. Что и привело его к формулированию этой теории. Но прия к этой теории, он очень долго ее не публиковал, занимаясь «защитным поясом». Он вел большую переписку с естествоиспытателями со всех континентов и собирая данные о том, как условия среды или взаимодействие организмов друг с другом оказывается на видоизменении тех или иных организмов. На это он потратил многие годы. Он опубликовал свою теорию уже в зрелом возрасте, только после того как убедился, что все факты не противоречат его взглядам.

### 10.3. Эволюция научной теории.

Теория во времени взаимодействует друг с другом.

#### Эволюция (развитие) теорий.

1. При появлении более общей, более точной теории старая теория становится частью или элементом этой общей теории.
2. При появлении новых фактов противоречащих теории, появляется необходимость разработки новой теории.

Если представить это в виде схемы (по вертикали временная шкала) как взаимодействуют две теории согласно Кедрову (рис.1).

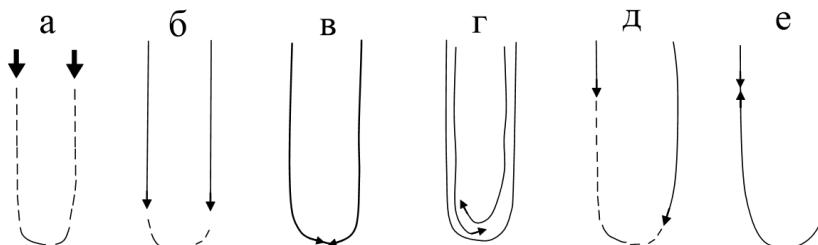


Рис. 10.1. Схема борьбы и синтеза двух теорий (по Б.М. Кедрову)

Схема а – две теории развиваются практически параллельно. Одна из них основная, а вторая второстепенная.

Схема б – во времени две теории могут развиваться с одинаковой скоростью. Новые факты одинаково вписываются в эти две теории.

Схема в – момент, когда две теории входят в противоречие при появлении новых фактов. Тут начинается новый анализ теорий.

Схема г – одна теория обгоняет другую.

Схема д – неравномерность развития двух теорий: одна опережает первую. Одна теория более плодотворная

Схема е – обгоняющая теория входит в противоречие с более старой теорией.

Степень обобщения научного знания может быть различной. Выделяются следующие **виды научных теорий**:

- Всеобщие теории (философские, математические и т.п. – действуют во многих науках).
- Специальные (частные) действуют в данной науке.

Геологические и инженерно - геологические теории – частные теории.

#### Примеры геологических теорий:

1. Теория дрейфа материков (мобилизма) Альфреда Вегенера (1913) и теория фиксизма.  
К этим двум теориям можно применить схему Кедрова.
2. Конденсационная теория Земли
3. Теории кристаллического строения вещества (А.Е. Ферсман, П. Гrot, Е.С. Федоров и др.)
4. Теории осадконакопления (в литологии)

5. Теория литогенеза
6. Теория плюмов (плюм-тектоника) и др.

#### 10.4. Теории инженерной геологии

На этой схеме (рис.2) показана как выглядит структура общей теории инженерной геологии.

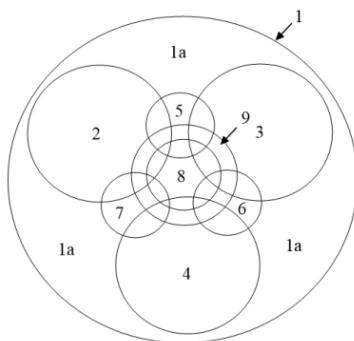


Рис. 10. 2. Структура общей теории инженерной геологии (Трофимов, Королев, 2019)

Схема помогает наметить пути построения этой общей теории. На данный момент такая теория не создана. Круги отражают объем содержания основных разделов показаны: 1 - общая теория ИГ; 1a - системаобразующая часть общей теории; 2 - общая теория грунтоведения; 3 - общая теория инженерной геодинамики; 4 – общая теория региональной ИГ; 5 – теория динамического грунтоведения; 6 - теория региональной геодинамики; 7 - теория регионального грунтоведения; 8 - теория методики инженерно-геологических исследований; 9 – теория обоснования управления ЛТС (теория геокибернетики).

По отдельным направлениям инженерной геологии можно выделить целый ряд научных теорий, выделенных в разное время.

#### В грунтоведении:

1. Теория связанной воды.
2. Теория капиллярных явлений в грунтах.
3. Теории набухания грунтов.
4. Теория электроповерхностных явлений.
5. Теории прочности грунтов и т.п.
6. Теория эффективных напряжений К. Терцаги.

**Структура общей теории грунтоведения** (по В.А. Королёву, 2015).  
Логически верная структура теории (рис.3):

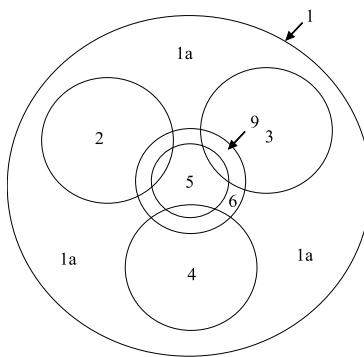


Рис. 10.3. Структура общей теории грунтоведения (В.А. Королев, 2015)

1 – общая теория грунтоведения; 2 – теория компонентного состава грунтов; 3 – теория строения грунтов; 4 – теория свойств грунтов; 5 – теория формирования свойств грунтов; 6 – теория управления составом, строением, состоянием и свойствами грунтов.

#### В инженерной геодинамике:

1. Теории устойчивости склонов.
2. Теория просадочности лёссов.
3. Теория распределения напряжений Буссинеска (от сосредоточенной силы)
4. Теория распределения напряжений Гейма (1878 г., гидростатика) и Динника (1925 г., горизонт. напряжения - часть вертикального).
5. Теории переработки берегов водохранилищ и т.п.
6. Теория инженерно-геологического мониторинга.
7. Теория управления ЛТС (ПТС) - теория геокибернетики.

**Структура общей теории инженерной геодинамики (по В.А. Королёву, 2015) (рис.4).**

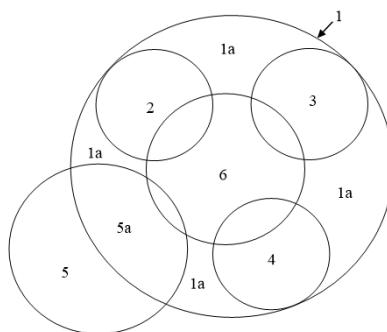


Рис. 10.4. Структура общей теории инженерной геодинамики (по В.А. Королёву, 2015)

1 – общая теория инженерной геодинамики; 1а – системные положения общей теории; 2 – теория инженерно-геологической оценки эндогенных геологических процессов и их техногенных аналогов; 3 – теория инженерно-геологической оценки

экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов; 4 – теория **управления** геологическими процессами и ЛТС (ПТС); 5 – теория региональной инженерной геологии; 5а – теория **региональной** инженерной геодинамики; 6 – теория **методики** инженерной геодинамики.

Структура есть, самой теории пока нет.

#### В региональной инженерной геологии:

1. Теория геологического поля Бондарика – теория, описывающая неоднородность геологического пространства.
2. Теория инженерно-геологического районирования.
3. Теория инженерно-геологических структур Трофимова и др.

В региональной инженерной геологии меньше всего разработанных теорий, но они крупные и важные. Структура ясна и понятна, так как наиболее простая (рис.5):

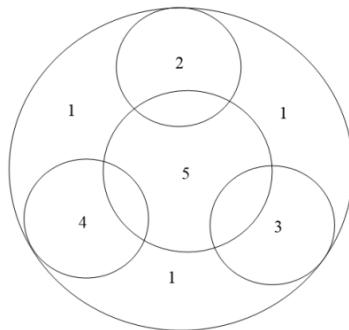


Рис. 10.5. Структура общей теории региональной инженерной геологии  
(по В.А. Королёву, 2015)

1 - **общая** теория региональной инженерной геологии; 2 – теория **систематизации** объектов региональной инженерной геологии; 3 – теории региональных ИГУ и ПТС; 4 - теория инженерно-геологических структур (ИГС) Земли; 5 - теория **методики** инженерно-геологических исследований.

Везде есть набор основных теорий, они переплетаются со вспомогательными теориями. Их объединяют в центре объединительные теории.

#### Выводы

1. Теория - высшая форма обобщения научных знаний.
2. Разработка теорий - основная цель научных исследований ученого, включая инженер-геолога.
3. Разработка собственных инженерно-геологических теорий - основная задача наших исследований.

#### 10.5. Таксономия, как общеученный метод исследований

- **Таксономия** (от греч. *taxis* - расположение, строй, порядок и *nomos* - закон)
  - теория систематизации и классификации сложноорганизованных систем, обычно имеющих иерархическое строение (термин ввел О.Декандоль).

- В основе - таксономические категории (таксоны): тип, класс, отряд, семейство, род, вид, разновидность и т.п.
- **Таксон** - группа дискретных объектов, связанных определенной степенью общности свойств и признаков.

Самое главное, при введении таксона ученый должен обосновать какие свойства и признаки являются главными для выделения таксона. Это и будут системообразующие признаки. Более того, это должны быть собственные признаки и наиболее важные признаки. Но сделать это не всегда удается. При анализе сложные объектов, мы используем комплекс признаков.

### 10.6. Типология

- **Типология** - метод научного познания, в основе которого слежит расчленение систем объектов и их группировка с помощью идеализированной модели – типа (разновидность сравнительного анализа).
- **Тип** - идеальная единица расчленения изучаемой реальности.
  1. Тип в зоологии – основная единица для выявления новых видов.
  2. Тип в геологии
  3. Типы в инженерной геологии: грунтовых толщ, искусственных грунтов ИГ-условий и т.п.
- **Типизация (= типирование)** - отнесение объекта к определенному выделенному классификационному типу.

Способы типологии также различны. Два варианта:

- **Эмпирическая типология** – «выявление типа» опытным путем (на базе фактов, наблюдений, фиксации устойчивых признаков и т.п.).
- **Теоретическая типология** – выделение типа на базе теоретических обобщений признаков, построение теоретического обоснования типа. Должны иметь определенный объем первичной информации с тем, чтобы выявить важные стороны, принципы объекта и на этой основе обосновать выделение данного типа.

**Значение типологии в ИГ:** основа типологического ИГ районирования территорий.

### 10.7. Типизация

**Типизация ИГ условий** - выявление и целенаправленное выделение типов ИГ условий, свойственных изучаемой территории (Трофимов, 1982).

**Тип ИГ условий** - идеализированное представление (модель) о конкретных ИГ условиях данной территории.

**Этапы типизации (Трофимов, 2007):**

1. Определение границ объекта исследований
2. Изучение объекта
3. Выбор признаков типизации
4. Выбор степени их неразличимости (шаг деления признака)

5. Иерархическое подразделение признаков (выстраивание в ряд по степени значимости)
6. Деление объекта по принятым признакам
7. Построение схемы типизации.

## Районирование

### Виды районирования:

- **Однородное районирование** - поиск и выделение одинаковых районов по некоторым обоснованным однородным признакам. Различают однопризнаковое и многопризнаковое однородные районирования. Разновидность: типологическое районирование
- **Узловое районирование** – выделение районов по интенсивности каких-либо связей внутри них. Выявляет сферы влияния городов, транспортных узлов, предприятий, ПТС. Границы района проводятся там, где показатели принимают минимальные значения.

Систематика типов ИГ районирования (рис.6) (по Трофимову, 1979):

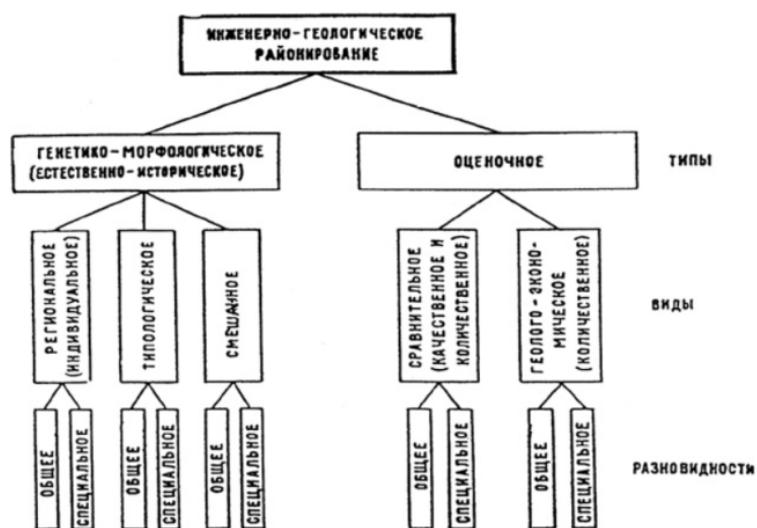


Рис. 10.6. Систематика типов инженерно-геологического районирования (по В. Т. Трофимову, 1979)

Системы инженерно – геологического районирования делятся на однородные и неоднородные (рис.7):

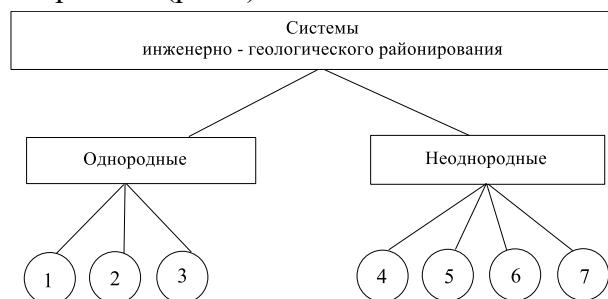


Рис. 10.7. Классификация систем инженерно-геологического

районирования (Трофимов, Богданов, 1988)

1 – однорядная, 2 – двухрядная, 3 - многорядная, 4 – однорядно - двухрядная, 5 – однорядно – многорядная, 6 – двухрядно-многорядная, 7 – однорядно-двуходно-многорядная.

### 10.8. Классификация

- **Классификация** (от лат. *classis* - разряд, класс) - система упорядоченных, соподчиненных понятий, представляемая в виде таблиц (схем) и составленная на основе определенных признаков.
- **Классифицирование** (как процесс) – разновидность анализа и синтеза.
- Обоснование признака классификации – основная проблема, выбор основания деления
- **Принцип классифицирования** - способ построения классификации.

#### Основные понятия:

**Классифицирование** = деление объема понятия.

**Деление** (собственно) = деление содержания понятия (как в математике, деление совокупности на части:  $10:2=5$ ).

**Расчленение** (членение) = деление и объема, и содержания понятия мерономия (совокупность процедур расчленения). Пример: членение породы на минералы и т.п.

#### Виды классификаций:

- **Дихотомические** - деление на 2 (на каждой стадии/каждом уровне).
- **Десятичные** - деление на 10.
- **Типа перечисления** (алфавитные и т.п.).
- **Линейные** (иерархические или типа соподчинения).
- **Предметные** или морфологические – самые распространенные.
- **Генетические** раскрывают историю, происхождение, эволюцию пород, массивов, процессов и т.п.
- **Естественные и искусственные** (по типу существенного признака).
- **Целевые** (отраслевые, общие, частные, специальные и т.п.).
- **Гомогенные** (одно основание делена каждом уровне - строгие) и **гетерогенные** (два и более оснований деления – не строгие классификации).

#### Правила построения классификаций:

Все правила базируются на законах логики (законы деления):

1. Деление должно быть соразмерным (объем деления равен сумме делимых объемов).
2. В гомогенной классификации деление должно проводиться по одному основанию (существенному признаку).
3. Члены деления должны исключать друг друга.
4. Деление должно быть непрерывным (тип делим на классы, класс - на подклассы и т.п.).

#### Значение классификаций:

1. Упорядочение, систематизация знаний (т.к. строится на закономерных связях)
2. Обобщенное представление об объектах.
3. Получение новых знаний (пример: периодическая система элементов Менделеева).
4. Способ перехода от эмпирических к теоретическим знаниям.

Два способа построения классификаций: **индуктивный** (от частного к общему) и **дедуктивный**. Оба методы равнозначны.

### **Классификация в инженерной геологии**

**Классификации в инженерной геологии** - логические построения, в которых инженерно-геологические объекты подразделяются на таксоны разных иерархических уровней.

Среди них обособляются классификации:

- частные;
- отраслевые;
- региональные;
- общие.

В частных классификациях объект исследования подразделяется по одному или нескольким конкретным, как правило, количественным, морфологическим признакам. Лучше пользоваться количественными признаками.

Их примерами являются классификация грунтов по гранулометрическому составу.

**Отраслевые** классификации представляют собой частные классификации, разработанные применительно к задачам и требованиям определенного, конкретного вида инженерно-хозяйственной, прежде инженерно-строительной, деятельности.

В **региональных** классификациях систематизируются знания об инженерно-геологических или эколого-геологических условиях, развитых на той или иной, но определенной территории (например, административного региона).

**Общие классификации** призваны рассматривать полное, глобальное многообразие (полное множество) объектов (грунтов, современных геологических процессов, инженерно-геологических структур, ЭГС) и объединить их в определенную, логически непротиворечивую иерархическую систему.

К их числу относятся общая классификация грунтов.

### **Первые общие классификации:**

- Классификация Ф.П.Саваренского (1937, 1939).
- Классификация В.А.Приклонского (1943).
- Классификация Н.Н. Маслова (1954).

Общие классификации грунтов Е.М. Сергеева (1952, 1969, 1971, 1973).

Это классификации, которые строились на базе общих принципов: выделение классов по типу структурных связей, группы - по генезису, типы и виды - по составу и свойствам.

По такому же примерно принципу построены классификации В.Д.Ломтадзе (1970), Г.К.Бондарика (1981), В. Трофимова (2005) и классификации грунтов по ГОСТ 25100.

## Лекция 11. Апробация результатов научно-исследовательской работы

### 11.1. Определение и цели аprobации.

**Апробация** - широкое гласное обсуждение результатов НИР (диссертации и т.п.) в научных кругах целью подтверждения их достоверности, внедрения, обеспечения приоритета, рекламы и т.п.

Цель аprobации диссертации:

- получение советов;
- рациональная критика;
- проверка правильности идей, доказательств и выводов.

Обычно аprobация проводится по частям, так как работа выполняется по частям в соответствии с намеченным планом. Промежуточные результаты подвергаются аprobации для того, чтобы учесть эти результаты в дальнейшей деятельности.

Аprobация бывает в двух формах: устной и письменной.

**Устная** проводится на научных совещаниях (конференциях, семинарах и т.п.). Главное преимущество - оперативность и обратная связь. Так как в ходе конференции Вы тут же получаете вопросы и замечания. Обратная связь действует мгновенно.

**Письменная** предполагает обсуждение ваших результатов в разных формах, в открытой печати (включая Интернет). Преимущества: более широкая аудитория и обоснование авторства. Главные недостатки – это длительность и большой срок обратной связи. Длительность связана с тем, что во многих журналах сроки подготовки к публикации статей занимают не менее года, а иногда дольше. Поэтому необходимо четко рассчитывать и стараться письменную аprobацию проводить в тех журналах, которые относительно быстро публикуют результаты. Обратная связь проходит в форме ответов на электронную почту (как хвалебные замечания, так и критику).

### 11.2. Устная аprobация НИР

Основная форма устной аprobации результатов – это доклады о результатах на конференциях (российских и международных). Они бывают разного уровня:

- **семинары** – детальное обсуждение узких проблем; узкий круг участников;
- **совещания, симпозиумы** посвящаются отдельным проблемам (местные, региональные и т.п.);
- **конференции** – комплексы проблем, длительность – несколько дней;
- **съезды** рассматривают наиболее широкий спектр проблем (тем).

До настоящего времени был всего один съезд – 1-й Всесоюзный съезд инженер-геологов, гидрогеологов и геокриологов в Киеве в 1988г. После распада Советского Союза съезды прекратились. В последние два – три года обсуждаются проблемы

созыва съезда – первого Общероссийского съезда инженер-геологов, гидрогеологов и геокриологов.

Широкий охват инженер-геологов имеют международные конференции и совещания. Они проходят под эгидой международной ассоциации инженер – геологов МАИГ (международная ассоциация по инженерной геологии и геоэкологии, IAEG). Каждая страна имеет общенациональные ассоциации. Существует общероссийская национальная ассоциация, где в настоящее время около 60 членов и проводится форумы. Наиболее высокие форумы МАИГ – это международные конгрессы МАИГ, которые проводятся раз в два – три года. Кроме того, проводятся отдельные конференции и совещания, которые посвящены отдельным темам: или склоновым процессам, или технической мелиорации грунтов, или вопросам инженерной защиты территории от опасных процессов и т.д. Участие в международных формах МАИГ – открытое.

Участие в международных конференциях не всегда под силу каждому, поэтому необходимо ориентироваться на устную апробацию для участия в наших конференциях, которые проводятся постоянно по разным вопросам. Они проводятся под эгидой различных институтов инженерно – геологической направленности, таких как научный совет академии наук по инженерной геологии, геологический факультет МГУ, многих других институтов, например, геоэкологии РАН. Кроме того, активное участие принимает участие в этой работе институт по инженерной работе и инженерным изысканиям (ИГИИС) и ассоциация Геомаркетинг.

Список ежегодных конференций по инженерной геологии в России:

- Молодежная конференция «Ломоносов», МГУ - февраль-апрель;
- «Ломоносовские чтения», МГУ, апрель;
- Всероссийская конференция изыскательских организаций, ИГИИС, Геомаркетинг, декабрь;
- Сергеевские чтения, март, МГУ, РАН;
- Всероссийская молодежная конференция, ИГИИС, апрель ([www.geomark.ru](http://www.geomark.ru));
- Конференции по актуальным вопросам инженерной геологии, МГУ и др. вузы.

Кроме того, существуют стендовые объявления о других конференциях, которые организуются сторонними организациями.

Общепринятый порядок участия в конференциях:

- 1-й циркуляр (инф. письмо намерениях и сроках).

Рассыпается информационное о намерении провести конференцию с объявлением сроков и условиях участия.

- Посылка заявки на участие в оргкомитет.

После ознакомления с циркуляром 1 в Оргкомитет отправляется заявка на участие, которая может быть принята или отклонена.

- 2-й циркуляр (развернутая информация, оргвзнос, требования к авторам и т.п.).

По результатам обработки этих заявок Оргкомитет формирует программу и рассыпает второй циркуляр, где дается полная информация о тематике, датах проведения, оргвзносе и требования к авторам по оформлению материалов и т.д.

- Посылка тезисов доклада.
- Перечисление оргвзноса.

Оргвзносы бывают разные в зависимости от уровня конференции.

- Получение программы конференции.
- Подтверждение приезда и бронирование гостиницы.
- Участие в конференции (публикация докладов, устный доклад).

Существует порядок проведения конференций:

7. Оргкомитет конференции (все текущие вопросы, расселение и т.п.).

Оргкомитет конференции – это главный орган, с которым происходит взаимодействие и решение всех вопросов.

8. Регистрация участников (адрес, командировка и т.п.).
9. Пленарное (общее) заседание – заказные доклады.

Конференция обычно открывается пленарными заседаниями, где рассматриваются более общие, пленарные доклады. Эти пленарные доклады могут быть заказными и не заказными. Чаще всего они заказные.

Заказные доклады – это доклад, который оргкомитет заказывает определенному лицу (наиболее авторитетный по данному вопросу ученый, или несколько ученых), который готовит этот доклад по теме этой конференции, где обозначаются главные проблемы и подводится итог общей ситуации по изучению проблемы.

10. Секционные заседания - по отдельным вопросам.

Если участников очень много – проводятся секционные заседания. В каждой секции рассматривается определенный круг вопросов.

11. Устные и стендовые доклады.

На таких конференциях могут быть как устные, так и стеновые доклады, а также Вы можете участвовать в качестве слушателя.

12. Дискуссия.
13. Принятие итогового документа.

На этом завершается официальная часть конференции.

14. Дополнительные мероприятия (выставки, экскурсии, продажа литературы и т.п.).

Доклад на конференции:

- **Стендовый доклад:**

- Оформление графики доклада на стенде (заранее).
- Дежурство у своего стенда и ответы на вопросы.

Стендовый доклад – это плакат, который заранее оформляется и привозится с собой и на котором Вы излагаете ваши результаты по проделанной работе. Такой плакат должен содержать название, автора, материалы по объекту, методике, выводы, графики и рисунки. Необходимо заранее обговорить размеры стендса и месторасположение стендса.

Для стендового доклада не делается специального доклада стоя рядом со стендом. В положенное время Вы дежурите у своего стендса и отвечаете на вопросы. Люди могут подходить, чтобы прочитать и ознакомиться, а также задать интересующие их вопросы.

- **Устный доклад (время оговаривается):**

- Подготовка презентации и/или графики (заранее).
- Проверка презентации (до начала конференции).
- План доклада:
  - Проблема и её актуальность.
  - Цель работы (доклада).
  - Объект и методика.
  - Основные результаты.
  - Выводы.

Устный доклад тоже проводится по определенному регламенту (10 – 15 минут, время заранее обговаривается).

### 11.3. Письменная апробация НИР

Письменная апробация может даваться в формах различных публикаций:

- **Тезисы** доклада.

**Тезисы** – краткое изложение сути выполненного доклада. Тезисы имеют сжатый объем.

- **Статьи:**
  - В реферируемых журналах (список ВАК, обязательны для диссертаций).

Статья, поданная в реферируемый журнал, подвергается рецензированию известными учеными. Если они дают два и более положительных отзыва, то статья публикуется.

- В нереферируемых журналах.

Статья, поданная в нереферируемый журнал, не подвергается рецензированию.

- В иностранных журналах (приветствуется).
- В сборниках научных трудов.

- **Брошюра** (непериодическое текстовое книжное издание объёмом выше 4, но не более 48 стр.), включая обзоры.

- **Монография.**
- **Электронная публикация** (Интернет).

В последнее время многие журналы, особенно высокорейтинговыми, принимают и публикуют статьи за деньги. Стоимость таких публикаций может варьироваться от 20-30 долларов до 800 долларов.

Следующие журналы входят в список ВАК и являются реферируемыми:

- Геоэкология (инженерная геология);
- Бюллетень МАИГ ([www.iaeg.info/bulletin/](http://www.iaeg.info/bulletin/));
- ГеоРиск (Геомаркетинг);
- Инженерные изыскания (Геомаркетинг);
- Инженерная геология (Геомаркетинг).

Перед сдачей статьи в какой – либо журнал происходит подготовка и структура самой статьи. Статья должна иметь следующую структуру:

- Введение (цель, актуальность, задачи, результаты предшественников).
  - Методика исследования.
  - Характеристика объекта исследования.
  - Результаты и их обсуждение.
  - Благодарности.
  - Заключение (выводы как ответ на поставленные задачи).
  - Список литературы.

Оформительская часть, как правило, указывается в требованиях к авторам.

#### **Практические советы:**

- Учитывать **требования редакции** журнала (указывают в журналах):

- объем статьи (не более 1 печатного листа - 22-24 стр.);
- рисунки (не более 5), таблицы (2-3);
- литература и ссылки на неё и т.п.
- Посвящать статью только конкретному вопросу (защищаемому положению и т.п.).
- Писать литературным, но научным **языком**.
- Писать в расчете на читающего «**не специалиста**».
- Тщательно **редактировать** свой текст.
- Давать на прочтение **коллегам** для того, чтобы получить совет (не забыть потом поблагодарить).
- **Не отчаиваться**, получив отрицательный отзыв – учитывать замечания.
- Учитывать **сроки** прохождения подготовки статьи к публикации.

У разных журналов разные сроки публикации. Особенно быстро (за 3-4 месяца) статьи публикуются в журнале «Инженерные изыскания» (ИГИИС).

## Выводы

- Апробация НИР - важнейший этап исследований, в котором заинтересован, прежде всего, сам исследователь.
- Необходимо использовать разные формы аprobации.

### 11.4. Практические вопросы по подготовке диссертации

Полезно написание диссертации начинать с автореферата:

- **Автореферат диссертации** – краткое изложение основных результатов диссертационной работы на соискание учёной степени доктора или кандидата наук, составленное автором диссертации.
  - Автореферат магистерской диссертации по специальному требованию ГАК - краткие тезисы на 4-5 стр.
  - Требования ВАК (<http://vak.ed.gov.ru/>) и на сайте «ИСТИНА МГУ»

Автореферат составляет на основе требований либо государственной аттестационной комиссии или требований ВАК.

Московский государственный университет имеет право присваивать самостоятельно кандидатские и докторские степени, минуя высшую аттестационную комиссию.

Автореферат диссертации имеет определенную структуру:

- Вводная часть:
  - актуальность, формулирование объекта и предмета исследования, цель исследования и конкретные задачи, новизна, защищаемые положения, научная и практическая значимость, методика, достоверность, структура и т.п.

- Основная часть. Собственно реферативная часть диссертации.
- Библиографический список публикаций по теме диссертационного исследования.

Для кандидатских и докторских диссертаций в публикациях обязательно должно быть опубликовано и доказано каждое защищаемое положение. Если какое-то положение не опубликовано, то диссертация снимается с защиты.

Основные советы по подготовке диссертации заключаются в следующем:

- Заранее сформулировать защищаемые положения.
- Защищаемые положения должны соответствовать поставленным задачам (а также по форме должны учитывать «формулы на открытия» и т.п.).
- Иметь электронную копию диссертации (обезопасить себя).
- Почаще заглядывать в выполненные задания этого курса.
- Заранее передать работу оппоненту (для отзыва) и встретиться с ним до защиты (снятие вопросов).
- Заранее подготовить графику и презентацию («привыкнуть» к ним).
- Отрепетировать доклад по времени: (а)лично и (б) с руководителем.
- Обсудить возможные вопросы и ответы на них. Полезно прослушать собственную запись. Доклад – как выступление на сцене...

Подготовка во многом влияет на результаты защиты.

#### Основные советы по тексту:

- Не перегружать работу «лишней» информацией (все лишнее - в Приложения).
- Добиваться логичного построения и логичного изложения материала: Формулировка защищаемого положения → Его доказательство (обоснование) → Вывод и т.д.
- Соблюдать требуемое оформление, в том числе сквозную нумерацию рисунков и таблиц (удобнее - двойная: рис. 2.3; табл. 4.1 и т.д., фото - тоже рисунок).
- Проверить ссылки в тексте на все рисунки и таблицы.
- Ссылки на литературу, могут быть указаны в двух вариантах:
  - По номерам: [2, 6] и т.п.
  - По фамилиям: (Иванов, 1966) или (Петров, 1967; Сидоров и др., 1988).
- Список литературы (по алфавиту: русская + иностранная). Не забыть включить в список все свои работы. Ссылки на интернет – издания даются по ГОСТ.
- Проверить в тексте ссылки на всех авторов (по списку литературы).

Основные советы по **оформлению презентации** заключаются в следующем:

1. Не помещать много текста на слайдах презентации (текст максимально сжать, убрав лишние слова). Никаких повторов быть не должно.

2. Текст писать крупными буквами.
3. Не давать текст на тёмном фоне.
4. Не помещать на одном слайде много графиков. Графики должны быть читаемы.
5. Избегать таблиц. Заменять их диаграммами и графиками.
6. По осям графиков давать четкие подписи (и размерность).
7. Настроить презентацию по отведенному времени.

### 11.5. Защита магистерской диссертации

**Основные советы по докладу (презентации)** необходимо строить по защищаемым положениям. Можно составить следующую структуру доклада:

1. Изложение доклада по защищаемым положениям (Формулировка защищаемого положения → Его доказательство (обоснование) → Вывод и т.д.)
2. Не читать текст доклада (составить только план на 1 стр.).

Если Вы читаете текст по листочку, Вас имеют право остановить и прервать защиту.

3. Не читать (не повторять) слайды презентации, а лишь давать комментарии.
4. Говорить четко, громко, глядя в аудиторию и «с интересом».
5. Избегать повторений (трага времени).
6. Не употреблять местоимения «Я», говорить «МЫ», «НАМ» и т.д. Лучше писать и говорить вообще в безличной форме.

#### Основные советы по защите:

- Ответы на вопросы:
  - Не торопиться отвечать, уяснить вопрос, переспросить если надо;
  - Не давать пространный ответ (не делать второй доклад); отвечать кратко и четко;
  - Не «бояться» простых вопросов (не ждать подвоха);
    - «Хвататься» за выигрышные вопросы.
    - Не отвечать на те вопросы, которые не были целью вашей работы.
    - Не говорить «я не знаю», «я не могу...» и т.п.
    - Не говорить «я же уже сказал...» - раздражает оппонентов.
    - Не употреблять непонятных для вас терминов, выражений и т.п.

В **заключительном слове** Вы должны продолжить дискуссию. Если Вы с чем – то не согласны, о чем говорилось в ходе дискуссии, на данном этапе необходимо спорить и высказывать свою точку зрения. Не стоит никого не благодарить за участие, помочь и т.п., т.к. ваша диссертация – личный труд. Можно благодарить лишь за внимание, критические советы и замечания.

Эти правила и советы уже выработаны многолетней практикой. Вы должны знать их и применять. Таким образом, курс завершен!



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ  
МГУ ИМЕНИ  
М.В. ЛОМОНОСОВА

*teach-in*  
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ