

# ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

## 1.1. Основные понятия.

Науку характеризует следующая система определений:

1. Наука есть система знаний о законах функционирования и развития объектов.
  2. Наука всегда фиксируется в максимально определенном (для каждого уровня) языке.
  3. Наука представляет знание, эмпирически проверяемое и подтверждаемое.
  4. Наука представляет систему возрастающих, использующихся знаний.
  5. Наука обладает составом, в который входит: предмет (совокупность проблем и задач, решаемых наукой), теория и гипотеза, метод, факт (описание эмпирического материала).
- Науки подразделяют на общественные и естественные. Общественные науки изучают различные стороны и области жизни человеческого общества (история, политэкономия, языкознание и др.). Естественные науки изучают различные стороны и области материальной действительности (химия, физика, биология и др.) Из последних выделяются технические науки, которые направлены на решение конкретных технических проблем.

**Наука** – это одновременно специфическая форма общественного сознания с определенной системой знаний; процесс познания закономерностей объективного мира; процесс производства знаний и их использования на практике; вид общественного разделения труда. В соответствии с приведенным определением одна из основных функций науки состоит в познании объективного мира. Процесс познания – основа любого научного исследования. В процессе познания человек осваивает мир, преобразовывая его для улучшения условий своей жизни. Движущей силой и конечной целью является практика, преобразующая мир на основе его собственных законов. Путь научного познания начинается с накопления **фактов**. Однако, хотя факты – это воздух ученого, как говорил знаменитый физиолог Павлов И.П., сами по себе они еще не наука. Факты становятся составной частью научных знаний, если они представляются в систематизированном, обобщенном виде. Любое научное исследование развивается в следующем порядке: факты абстракция теория законы. Факты систематизируются и обобщаются с помощью простейших **абстракций** (категорий, представлений, понятий). Абстракция – это формирование образов реальности посредством отвлечения и пополнения, т.е. осмысления того, с чем мы имеем дело. Образование абстракции есть средство достижения нового, конкретного знания. Движение в мышлении от чувственно конкретного через абстрактное и опять к конкретному, является законом развития теоретического познания. В качестве примера знакомых Вам абстрактных категорий, которые помогают изучать явления, происходящие в массиве горных пород, можно привести напряжение  $\sigma$  и деформацию  $\varepsilon$ . Эти абстрактные категории позволяют судить о механическом состоянии горных пород. Наиболее высокой формой обобщения и систематизации знаний является **теория**. Под теорией понимают учение об обобщенном опыте (практике), формирующее научные принципы и методы, которые позволяют обобщить, познать процессы и явления, проанализировать действие на них различных факторов и предложить рекомендации по их использованию в практической деятельности людей. Теория обычно строится на результатах, полученных при экспериментировании, а проверяется она также экспериментом. Важнейшим звеном в системе научных знаний являются **научные законы**, которые отражают наиболее существенные, устойчивые, повторяющиеся, объективные, внутренние связи в природе, обществе и мышлении. Обычно законы выступают в форме определенного соотношения понятий. Например, закон Гука:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ , где  $E$  – модуль Юнга, с помощью которого описывается связь между напряжениями и деформациями в пределах упругого поведения горных пород. Деятельность, направленная на получение новых знаний, называется **научным**

**исследованием**, т.е. изучение явлений и процессов, влияния на них различных факторов, а также анализ взаимодействия между явлениями с целью получить убедительно доказанные и полезные для науки и практики результаты. Различают четыре уровня научных исследований: эмпирический; экспериментально-теоретический; теоретический; метатеоретический. Если на нижних уровнях посредством наблюдений устанавливаются новые данные и на основе их обобщения формируются выводы, то на высших уровнях выдвигаются общие для данной области теоретические закономерности, позволяющие объяснить ранее открытые факты и эмпирические закономерности, предвидеть будущие события и явления. Каждое научное исследование имеет свой **объект (предмет)**, на познание которого оно направлено. Между собой объект и предмет исследования соотносятся как общее и частное. Объект исследования – это то, что порождает проблемную ситуацию и выбрано для изучения. Объектом исследования может быть предмет материального мира (например, массив горных пород), процесс (разрушение горных пород вокруг выработки), явление (ползучесть горных пород), свойства (прочность горных пород), а также связь между явлениями и свойствами. В пределах объекта исследования выделяется та его часть, которая является предметом исследования. Именно на него направлено основное внимание исследователя, поскольку предмет определяет тему научного исследования.

**Цель научного исследования** – определение конкретного объекта (предмета) и всестороннее, достоверное изучение его структуры, характеристик, связей с помощью разработанных в науке методов познания, а также получение полезных для деятельности человека результатов и внедрение их в производство.

## **1.2. Методология научного исследования.**

Основными инструментами научного исследования являются методы исследования (рис. 1.1). Под **методом** понимают способ теоретического или экспериментального изучения какого-либо явления или процесса, способствующий открытию объективных законов (закономерностей) действительности. Применяемый в научных исследованиях метод зависит от характера исследуемого объекта (предмета). Наиболее **общим** является диалектический метод. Для изучения конкретного процесса (явления) используют **частный** метод. Совокупность общего и частного методов позволяет получить ответ на вопросы:

С чего надо начинать исследования? Как относиться к фактам? Как их обобщать? Каким путем идти к выводам? Совокупность методов, способов, приемов, их последовательность или схема, принятая при проведении научного исследования, представляют собой **методологию**, которая является основой каждого научного исследования. Методология также может быть общей и частной. Общая методология – это принципы диалектики, с ее помощью исследуются законы развития научного познания в целом. Частная методология основывается на законах отдельных наук и связана с частными методами исследований. Важную роль в научном исследовании играют **задачи**, на решение которых оно направлено. Эти задачи, а также методы исследований, привлекаемые для их решения, обычно подразделяют на теоретические и эмпирические.

**Теоретические задачи** направлены на выявление причин, связей, зависимостей, позволяющих установить поведение объекта, определить и изучить его структуру, дать его характеристику на основе используемых в данной области науки принципов, методов и способов. В теоретических исследованиях возможны два подхода: **логический и исторический**.

**Логический** подход основан на логике (логика – наука о законах мышления) и включает в себя гипотетический (гипотеза – предложение) и аксиоматический (аксиома – исходное положение без доказательств) методы.

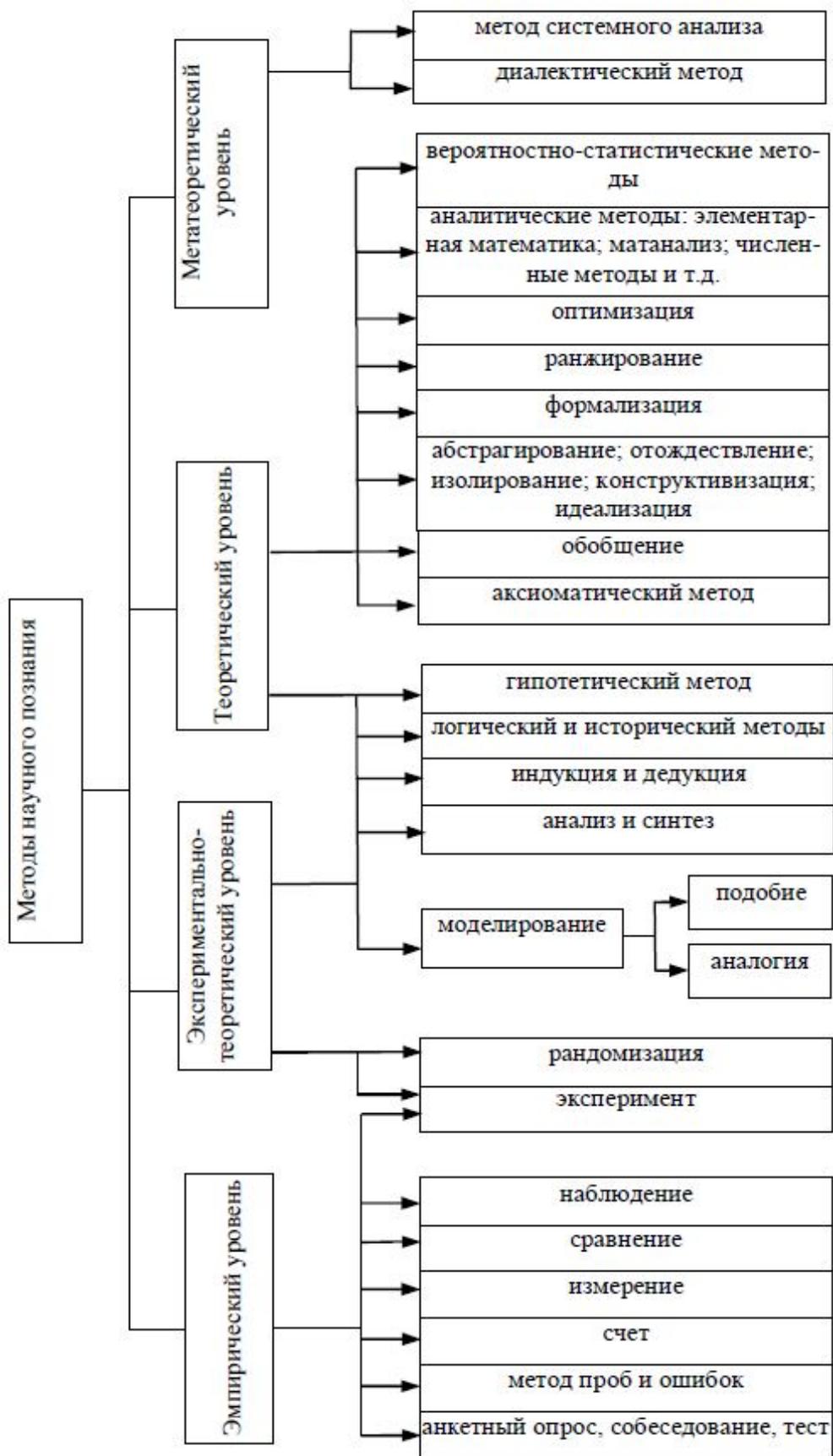


Рисунок 1.1 – Классификация методов научного познания

**Гипотетический метод** основан на разработке гипотезы, которая используется в качестве средства достижения научных результатов, когда ученые не располагают достаточным фактическим материалом. **Гипотеза** – это научно обоснованное предположение, содержащие элементы новизны и оригинальности и выдвигаемое для объяснения какого-либо процесса (явления). После проверки гипотеза может оказаться истинной или ложной. Гипотеза выступает часто как черновой вариант устанавливаемых закономерностей и открываемых законов. Большинство научных законов и теорий было сформулировано на основе ранее высказанных гипотез.

**Аксиоматический метод** основан на очевидных положениях (аксиомах), принимаемых без доказательств (например, аксиомы Евклидовой геометрии). Аксиомы являются начальной формой систематизации знаний и получили распространение в теоретических науках.

**Исторический подход** позволяет исследовать возникновение, формирование и развитие процессов и событий в хронологической последовательности с целью изучения внутренних и внешних связей, закономерностей и противоречий. Данный метод исследования используется преимущественно в общественных науках. В естественных и прикладных науках он применяется при изучении развития и формирования тех или иных областей знания (обзорах, классификациях). Между логическим и историческим подходами существует единство, основанное на том, что любое логическое познание должно рассматриваться в историческом аспекте. Основным методом теоретических исследований в прикладных науках является гипотетический метод. Гипотеза составляет методологический стержень теоретических исследований, определяет их направление и объем. Сформулировать рабочую (первоначальную) гипотезу, как правило, трудно. Успех, прежде всего, зависит от полноты собранной информации, глубины творческого анализа, стройности выводов, сформулированных целей и задач исследований. Выдвигаемые первоначально гипотезы в процессе исследования подвергаются анализу, критике и уточнению, в результате чего они становятся более достоверными. Рабочая гипотеза должна подвергаться экспериментальной проверке. Если гипотеза полностью подтверждается, то она превращается в научную теорию.

**Теория** – это система знаний, объясняющая совокупность явлений в некоторой области. С помощью теории отдельные результаты упорядочиваются, обобщаются, приводятся в стройную систему, объединенную общей идеей. Теория должна быть эвристичной, конструктивной и простой. Первое свойство наделяет теорию прогностическими возможностями, т.е. она должна позволять делать точные количественные предсказания. Конструктивность теории состоит в проверяемости ее положений. Простота теории достигается путем представления информации при помощи общепотребляемых символов. Критерием истинности теории является практика. В ряде случаев выдвижение гипотезы происходит интуитивно (**интуиция** – способность постижения истины путем прямого ее усмотрения без обоснования с помощью доказательств). Следует отметить, что интуиции бывает достаточно для формулирования гипотезы, но ее недостаточно, чтобы убедить в истине других и самого себя. Для этого необходимо доказательство, на что и направлено исследование. В процессе мышления при выдвижении гипотез у исследователя возникают идеи (**идея** – мысль, достигшая высокой степени объективности, полноты и конкретности, и направленная на практическую реализацию). Особую роль в теоретических исследованиях играют общенаучные методы познания: анализ и синтез; дедукция и индукция; идеализация; абстрагирование; ранжирование; формализация и пр.

**Анализ** – это способ научного познания, при котором объект расчленяется на составные части. **Синтез** – противоположный анализу метод, заключающийся в исследовании объекта в целом, на основе объединения связанных друг с другом элементов. Эти способы взаимосвязаны, так как без анализа нет синтеза. Так, например, при исследовании технологии, выделяя из ее состава отдельные процессы, применяют

анализ, а, изучая технологию как систему, состоящую из отдельных процессов, используют синтез. Важное место в исследованиях занимают дедукция и индукция.

**Дедуктивный способ** – это такой способ умозаключения, при котором частные положения выводятся из общих. Так, на основе общих законов механики сплошной среды получают уравнения для определения размеров зоны неупругих деформаций вокруг выработки. Этот способ, базирующийся на известных логических связях, за пределами которых он не может быть использован, определяет конечный результат исследования. Это является недостатком дедуктивного метода, так как, например, чтобы исследовать процессы деформирования пород вокруг выработки с максимальным приближением к действительности, необходимо учитывать новые факторы, выходящие за пределы исходных положений.

**Индуктивный способ** – это такой способ умозаключения, при котором по частным фактам устанавливаются общие принципы и законы (например, периодический закон Д.И. Менделеева). Научная индукция позволяет определить причинную связь параметров изучаемого объекта. В теоретических исследованиях используют как индукцию, так и дедукцию. Так, например, обосновывая ту или иную гипотезу, прежде всего, устанавливают ее соответствие с общим законом диалектики и естествознания, т.е. применяют способ дедукции. В то же время гипотезу формируют на основе частных фактов, полученных из эксперимента. При анализе явлений и процессов возникает потребность в применении и других способов. Для упрощения исследуемому объекту часто присваивают несуществующие, нереальные свойства (но в допустимых пределах), т.е. прибегают к **идеализации**, например, модель идеального упругого или пластичного тела при описании процесса деформирования пород. При анализе большого количества фактов важно уметь выделить главное. В этом случае применяют способ **абстрагирования**, т.е. отвлечение от второстепенных факторов с целью сосредоточения на важнейших особенностях изучаемого явления. Абстрагирование осуществляется в две стадии. На первой факторы ранжируются по степени значимости, а на второй стадии объект заменяется другим, более простым, который выступает в качестве "модели" первого. Для описания взаимосвязей между основными параметрами модели применяют способ **формализации**, т.е. представление абстрактных категорий в виде формул и другой символики, присущей тому или иному математическому методу.

**Эмпирические задачи** направлены на выявление, точное описание и тщательное изучение различных факторов изучаемых явлений и процессов. В научных исследованиях эти задачи решаются такими методами, как наблюдение, сравнение, измерение и эксперимент.

**Наблюдение** – это пассивный метод познания, при котором объект изучают без вмешательства в него, но с соблюдением принципов целенаправленности, планомерности, преднамеренности и систематичности.

**Сравнение** – это процесс установления сходства или различия предметов и явлений действительности, а также нахождения общего, что присуще двум или нескольким объектам. Объекты могут сравниваться непосредственно или опосредственно через их сравнение с каким-либо эталоном. В первом случае получают качественные результаты (больше, меньше). Сравнение же объектов с эталоном дает количественные характеристики. Такое сравнение называют измерением.

**Измерение** – это определение численного значения некоторой величины с помощью средств измерения. Оно предполагает наличие следующих основных элементов: объекта измерения, эталона, измерительных приборов, метода измерения.

**Эксперимент** – это наиболее общий активный метод познания (научно поставленный опыт), при котором производят не только наблюдения и измерения, но и изменяют условия проведения исследования для выявления влияния одного фактора на другой (другие). К нему прибегают при необходимости изучения у объекта ранее неизвестных свойств, а также при проверке правильности теоретических предпосылок.

Эксперимент и теория тесно взаимосвязаны между собой. Игнорирование экспериментальных данных неизбежно ведет к ошибкам. Правильная постановка эксперимента – важнейший этап исследования, позволяющий подтвердить предварительные теоретические предпосылки и сделать объективные выводы. Основным методом современных исследований, который применяется как на теоретическом, так и на эмпирическом уровнях, является *моделирование*. Это метод, основывающийся на использовании модели в качестве средства исследования. Под *моделью* понимают искусственную систему, отображающую с определенной степенью точности основные свойства реального объекта (оригинала). Модель состоит в определенном соотношении (аналогия, подобие) с изучаемым объектом, заменяет его при исследовании и позволяет получить наиболее достоверную информацию. Различают макетирование, физическое, аналоговое и математическое моделирование.

*Макетирование* или геометрическое моделирование основано на соблюдении между объектом и моделью только геометрического подобия и является грубым приближением к реальным явлениям и процессам. Опыты М. Файоля, М.М. Протодьяконова и др., основанные на соблюдении геометрического подобия, сыграли значительную роль в становлении горной науки и привели к широкому применению моделирования.

*Физическое моделирование* предусматривает воссоздание в модели тех же самых физических полей, которые действуют в объекте, но измененных по своим абсолютным значениям в соответствии с масштабом моделирования (критерием подобия).

*Аналоговое моделирование* предусматривает замену в модели по сравнению с объектом одних физических полей другими. При этом используется среда, которая ведет себя аналогично реальному объекту и описывается аналогичными математическими зависимостями. В качестве примера можно привести метод электрогидравлических аналогий, основанный на математической аналогии между стационарным движением электрического тока в проводящей среде и ламинарным движением жидкости в пористой породе.

*Математическое моделирование* является методом изучения процессов и явлений, для которых известно математическое описание. Оно базируется на общих законах природы и применении формы записи (формализации) этих законов для конкретного явления или процесса. Моделирование состоит в воспроизведении состояния системы с охранением логической структуры взаимосвязи элементов, их физического содержания и последовательности смены состояний во времени. Аналитические модели основываются на установлении математических зависимостей в явном виде между параметрами, характеризующими состояние системы. Чтобы аналитическое решение было возможным приходится принимать ряд допущений, идеализирующих задачу настолько, что ее решение оказывается весьма далеким от реальности. математическую модель невозможно преобразовать к конечному виду, а упрощения приводят к грубым результатам, более рационально использовать численные методы, которые особенно эффективны при применении вычислительных машин. В задачах с большим числом влияющих факторов и случайными связями между элементами эффективны методы, реализуемые на основе статистического моделирования. Суть его состоит в воспроизведении на ЭВМ с помощью рандомизации случайного явления или процесса для накопления материала, обрабатываемого методами математической статистики. Недостатком таких моделей является их громоздкость и трудоемкость, а также сложность осмысления результатов. При исследовании сложных систем используется имитационное моделирование на ЭВМ, которое синтезирует все виды моделирования и позволяет объединить имитацию исследуемого явления и планирование эксперимента. Имитационное моделирование представляет собой своеобразное экспериментирование с моделью реальной системы. Заканчивая рассматривать методологические основы научного познания можно еще раз подчеркнуть следующее. Процесс познания идет от

сбора, изучения и систематизации фактов, обобщения и раскрытия отдельных закономерностей к логически стройной системе знаний (теории), позволяющей объяснить неизвестные понятия и предсказать новые.

## **ЛЕКЦИЯ 2. МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

### **2.1. Методология теоретических исследований**

Теоретические исследования в науке в последние десятилетия получили широкое развитие. Они представляют собой творческий процесс, позволяющий решить следующие задачи:

- изменить существующие или создать новые научные гипотезы;
- объяснить процессы и явления, которые раньше были слабоизученными, связать их воедино путем установления причинно-следственных связей, т.е. найти стержень изучаемого процесса;
- научно обобщить большое количество опытных данных;
- доказать научные закономерности, установить законы и создать на их базе теорию.

Теоретическое исследование имеет несколько стадий:

- выбор проблемы;
- сбор и обобщение информации, сопоставление и сравнение ее, критическое осмысливание и формулирование собственных мыслей;
- знакомство с известными путями решения аналогичных задач и отказ от них;
- перебор различных вариантов решения и выбор наиболее рационального;
- формулирование оригинального метода решения и его анализ.

Творчество часто не укладывается в заранее намеченный план. Иногда оригинальные решения появляются внезапно, часто они возникают у специалистов смешанных областей, так как на них не давит груз известных решений. Собственные творческие мысли и оригинальные решения возникают тем чаще, чем больше сил, труда, времени затрачивается на постоянное обдумывание предмета исследования. При этом успех зависит не только от кругозора и целеустремленности научного работника, но и от того, в какой мере он владеет методами научного исследования (анализ, синтез, дедукция, индукция и пр.). В прикладных науках, к которым относится и горная, основным методом теоретических исследований является *гипотетический*. Методология гипотетического метода заключается в следующем:

- изучение и анализ физической, химической сущности исследуемого явления (процесса);
- формулирование «рабочей гипотезы» или выбор из множества альтернативных гипотез наиболее приемлемой;
- построение физической модели и ее изучение;
- составление формализованной (расчетной) схемы и постановка задачи;
- проведение математического исследования, т.е. получение математической модели;
- анализ теоретических решений, разработка научных положений и выводов.

Описание сущности исследуемого явления или процесса составляет основу теоретических разработок. Такое описание должно базироваться на законах физики, химии и др. Для этого исследователь должен знать классические законы естествознания и умело их использовать применительно к рабочей гипотезе научного исследования, причем основываться он должен на наблюдениях. Процессы, встречающиеся в прикладных науках, имеют ряд общих принципиальных положений, так как протекают они в соответствии с общими законами диалектики и принципами термодинамики.

Учитывая общенаучные подходы, можно более эффективно сформулировать гипотезу научного исследования и наметить план его выполнения. Решение теоретических задач производится с помощью различных математических методов: – аналитические методы (элементарная математика, дифференциальное и интегральное исчисление, вариационное исчисление, тензорное исчисление, функции комплексного переменного и