



Казахский Национальный Исследовательский Технический
Университет,
Институт Геологии и Нефтегазового Дела
Кафедра “Геофизики”

Системный подход к изучению нефтегазоносных пластов

Лекция 1

Два подхода в геологических исследованиях,
понятийная база, принципы
и задачи системного анализа

Преподаватель: Абетов Ауэз Егембердыевич – профессор,
доктор геол.-мин. наук, член-корреспондент НАН РК

Представьтесь, пожалуйста...

- Образование и опыт работы?
- Каковы ваши текущие цели и задачи?
- Что вы хотите получить от обучения в докторантуре?
- Что вы хотите получить от данного курса?

Ваш отклик очень важен...

- **Говорите мне, если я веду занятие слишком быстро или слишком медленно.**
- **Останавливайте, если вам что-то непонятно.**
- **Требуйте, если нужно, более подробных объяснений.**

Задавайте вопросы

Практика проведения аналогичных курсов показала высокую эффективность только в тех случаях, когда регулярно и на интерактивной основе происходит общение между преподавателем и докторантами.

Формат занятий - расширенный

Если для Вас что-нибудь не понятно:

Уточните и задайте вопрос!

Методика и способы обучения

- ◆ Построение курса по модулям.
- ◆ PowerPoint: слайды, семинары, постановка и разбор задач/проблем.
- ◆ Видеоролики по курсу.
- ◆ Гибкий и интерактивный дизайн курса.
- ◆ Последовательное усложнение курса.
- ◆ Возможно включение более продвинутых модулей во время курса.
- ◆ Обсуждение некоторых аспектов коммерческой значимости системного подхода к изучению нефтегазоносных пластов.
- ◆ Свободная обратная связь с преподавателем.
- ◆ Командная работа, получение знаний друг от друга.

Введение

Системный подход/анализ – это научная дисциплина, на принципах которой базируется изучение всех внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие и результата любого процесса в физике, биологии, математике, химии и т.д., в том числе геологии и геофизике нефти и газа.

Концентрация внимания на процессе в целом, а не на его составных частях, является ключевым признаком системного мышления/подхода.

Основные принципы системного подхода:

- ✓ Понять процесс образования и изменения объектов исследований, вместо того чтобы сосредотачиваться на отдельных составляющих этого процесса.
- ✓ Понять взаимосвязь всех составляющих, а не линейные причинно-следственные связи.
- ✓ Сосредоточиться на динамической сложности процесса, а не на статической сложности его элементов.

В отношении изучения коллекторских свойств и характера насыщения пласта концепция системного подхода предоставляет полезную теоретическую базу, позволяющую описать иной подход, диктуемый интеграцией геолого-геофизических данных.

Системное изучение особенностей нефтегазоносного пласта – сложный процесс, который является результатом объединения различных областей знаний и который направлен на достижение конкретной цели, на выявление взаимосвязи различных элементов системы по вертикальной и горизонтальной ветвям организации структуры объектов исследования.

Концепция системного мышления может помочь во всей полноте статическую и динамическую сложности геологической и инженерной работы и определить те параметры, которые влияют на глобальные цели изучения коллекторских свойств пласта.

Изучение данного курса, возможно, потребует корректировки или пересмотра системы организации исследований.

Подходы в геологических исследованиях

- В геологии/геофизике нефти и газа существует два альтернативных подхода в исследованиях: **аналитический и организмический**.
- **Цель презентации/занятия**- сравнение возможностей аналитического и организмического подходов, выявление ограничений, присущих «досистемным» методам и демонстрацию перспектив, открывающихся при комбинированном применении аналитических и организмических методов исследований.

Определение аналитического подхода:

- Объяснение поведения целого, исходя из поведения и свойств его частей (метод редукционизма).
- Изучение сложных многокомпонентных объектов по частям, прослеживание поведения отдельных параметров (примеры: классификация А.Ханина, модель многопластового месторождения, выбор основных показателей разработки и т.п.).

Примечание:

1. Классификация Ханина основана на изучении отдельных образцов пород, без учета их положения в пространстве, т.е. без взаимодействия их с другими образцами.
2. При решении задач разработки нефтяных залежей реальный по неоднородности пласт заменяют моделью, представляющей собой серию прослоев различной проницаемости, не взаимодействующих между собой. На модели они разделяются покрышками бесконечно малой мощности.
3. График разработки представляет собой совокупность кривых, отображающих изменение по времени показателей, для начального состояния залежей - более 20, для характеристики свойств нефти -12, свойств воды-6, начальных запасов - 4, данных проекта разработки 19, годовых показателей разработки-39, месячные показатели разработки-50. Итого – более 150 показателей.

Примеры аналитического подхода

4. Классификация песчано-алевролитовых коллекторов по ФЕС

Исходя из значений эффективной пористости и проницаемости по газу с учетом литологического состава пород А.А. Ханин предложил классификацию песчано-алевролитовых пород-коллекторов:

Класс	Название породы по преобладанию гранулометрической фракции	Пористость эффективная, %	Проницаемость по газу, мкм ²	Оценка коллектора по проницаемости и емкости
I	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	16,5 29	≥ 1	очень высокая
II	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	15 – 16,5 26,5 – 29	0,5 - 1	высокая
III	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	11 – 15 20,5 – 26,5	0,1 – 0,5	средняя
IV	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	5,8 – 11 12 – 20,5	0,01 – 0,1	пониженная
V	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	0,5 – 5,8 3,6 - 12	0,001 – 0,01	низкая
VI	Песчаник среднезернистый Песчаник мелкозернистый Алевролит крупнозернистый Алевролит мелкозернистый	0,5 2 3,3 3,6	$< 0,001$	коллектор не имеет промышленного значения



Рис. 1.2. Пример редукционизма, зашедшего слишком далеко

Примечание: Рисунок из «Википедии», находится в свободном доступе.

- **Аналитический подход** или **аналитический метод** - это направление научного познания в основе которого лежит разложение исследуемой системы, процесса или явления на составные части; выявлении влияния отдельных частей на всю систему, процесс или явление.
- **Аналитический подход** — это использование анализа для разбиения проблемы на элементы, необходимые для ее решения. Это то же самое, что и формальный анализ.
- **Аналитический подход** – это подход, в рамках которого систему разбирают на части, а затем изучают взаимодействие этих частей, чтобы понять, как работает целое, называется редукционизмом.

Особенности системного анализа

Негативные стороны аналитической методологии:

1. Появление большого числа разобщенных наук и смежных дисциплин в геологии и геофизике нефти и газа, охватывающий свой специфический круг проблем, свой класс явлений, формулирующих свои законы и обладающих собственным математическим аппаратом.
2. Стремление к построению сложных систем на базе знаний об относительно более простых системах.
3. Взаимодействие между отдельными частями фактически не исследуется.

Следствие:

- Аналитический подход, рассматривая вещи «сами по себе» не учитывает структуру целого, выступая как совокупность отношений, взаимосвязей и взаимодействий частей, влияющих как на поведение частей так и на функционирование целостного подхода.

Таким образом, аналитический подход создает зачастую непреодолимые препятствия на путях к целостному изучению и пониманию той или иной проблемы.

Системный анализ

Определение организмического подхода:

Организмический подход - сложное целое считает отправной точкой исследований. При этом система исследуется без разрушения и изучается в полном смысле как единое целое (примеры: способ черного ящика, метод материального баланса).

Метод тестирования «черного ящика» – процедура получения и выбора тестовых случаев на основе анализа спецификации (функциональной или нефункциональной), компонентов или системы без ссылки на их внутреннее устройство.

Пример: внутреннее строение ящика неизвестно. Однако о поведении внутренних частей ящика судят по общей его реакции на внешнее воздействие.

Метод материального баланса или подсчет запасов нефти и газа по падению пластового давления, когда залежь рассматривается в виде единой, не подлежащей расчленению газогидродинамической системы, меняющей свое состояние во времени.

Негативные стороны организмического подхода:

1. Организмический подход не учитывает, что свойства целого в определенной степени зависят от свойств частей и их взаимоотношений.
2. Поведение отдельных частей выводятся из законов, управляющих поведением целого объекта.
3. Проблема синтеза поведения целого из поведения частей не рассматривается.

В нефтяной и газовой геологии и геофизике метод черного ящика проявляется в том, чтобы не расчленяя залежь на составные части, по наблюдениям в отдельных точках получить некоторую интегральную характеристику сложного внутреннего строения залежи.

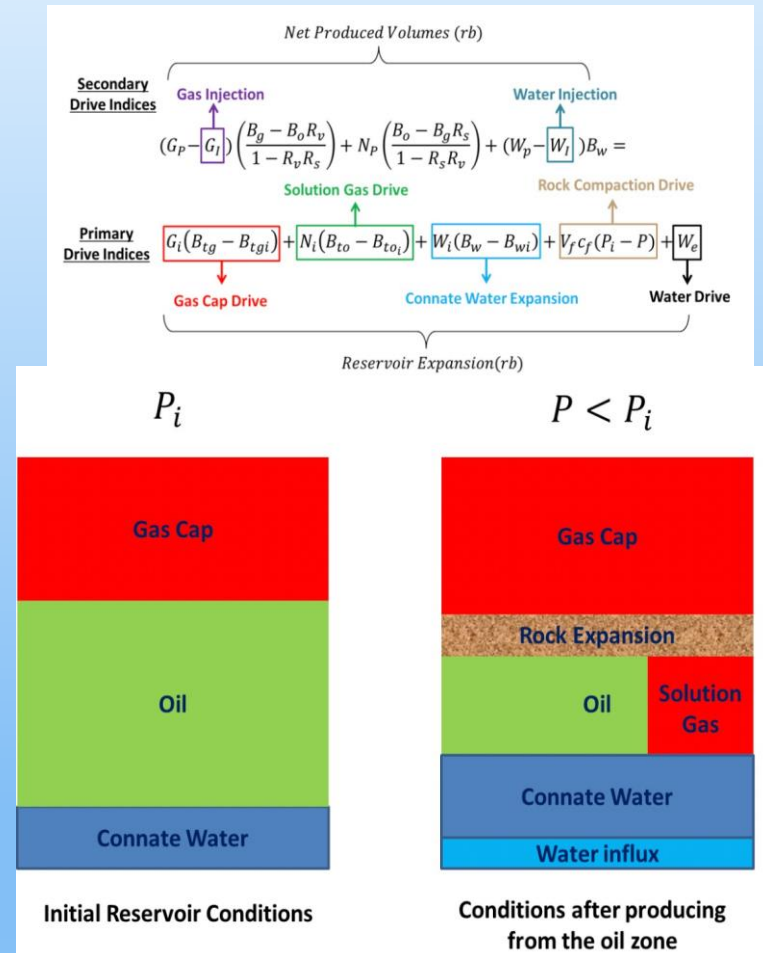
В поисках средств, характеризующихся высокой эффективностью и позволяющих избавиться от ограниченности аналитического и организмического подходов, современная наука пришла к Системному подходу.

Практический пример организмического подхода

- Австрийский биолог и философ Людвиг фон Берталанфи (1901–1972), создал вариант общей теории систем, заложил основы концепции организмического подхода к организованным динамическим системам, обладающим свойством эквифинальности, т.е. способностью достигать цели независимо от нарушений на начальных этапах развития. Он обобщил принципы целостности, организации и изоморфизма в единую концепцию.

- Р. Акофа, специалист прикладной науки: «В последние два десятилетия мы являемся свидетелями быстрого развития понятия «система», ставшего ключевым в научном исследовании... Тенденция исследовать системы как нечто целое, а не как конгломерат частей соответствует тенденции современной науки не изолировать исследуемые явления в узко ограниченном контексте, а изучать прежде всего взаимодействия и исследовать все больше и больше различных аспектов природы».

- В нефтяной и газовой геологии и геофизике метод черного ящика проявляется в том, чтобы не расчленяя залежь на составные части, по наблюдениям в отдельных точках получить некоторую интегральную характеристику сложного внутреннего строения залежи (см.рис...).



Понятийная база системного анализа:

Определение понятие системы:

- Система- это объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений и знаний о геологии нефтегазоносного пласта.
- В системном анализе объекты изучают как целое, исследуют взаимодействия между частями системы, переносят внимание с содержания объектов на их структуру (примеры: коллектор-ФЕС-литология-тектоника-седиментогенез, геохимия-термо-барические условия и т.п.).
- Системный подход имеет дело не с отдельными изолированными объектами, процессами или явлениями, а с их сложными совокупностями, характеризующимися внутренней взаимосвязью частей (пример: эмерджентные свойства- «образ самолета»).
- Объект характеризуется определенной многомерностью, т.е. полисистемностью поскольку он может входить в разные системы (в геологическую, физическую, химическую и т.д.).

Примеры:

1. Типичная ситуация- когда внутренняя структура изучаемого объекта состоит из элементов (образцов), фундаментальные законы поведения которых (гидродинамические, электрические, химические и т.п.) хорошо известны, а трудность задачи заключается в невозможности проследить поведение этих элементов, собранных воедино.

2. В нефтяной и газовой геологии и геофизике имеют дело не с отдельными изолированными объектами, процессами и явлениями, а с их сложными совокупностями, характеризующимися внутренней взаимосвязью частей, т.е. происходит перенос ¹²внимания с содержания объектов на их структуру.

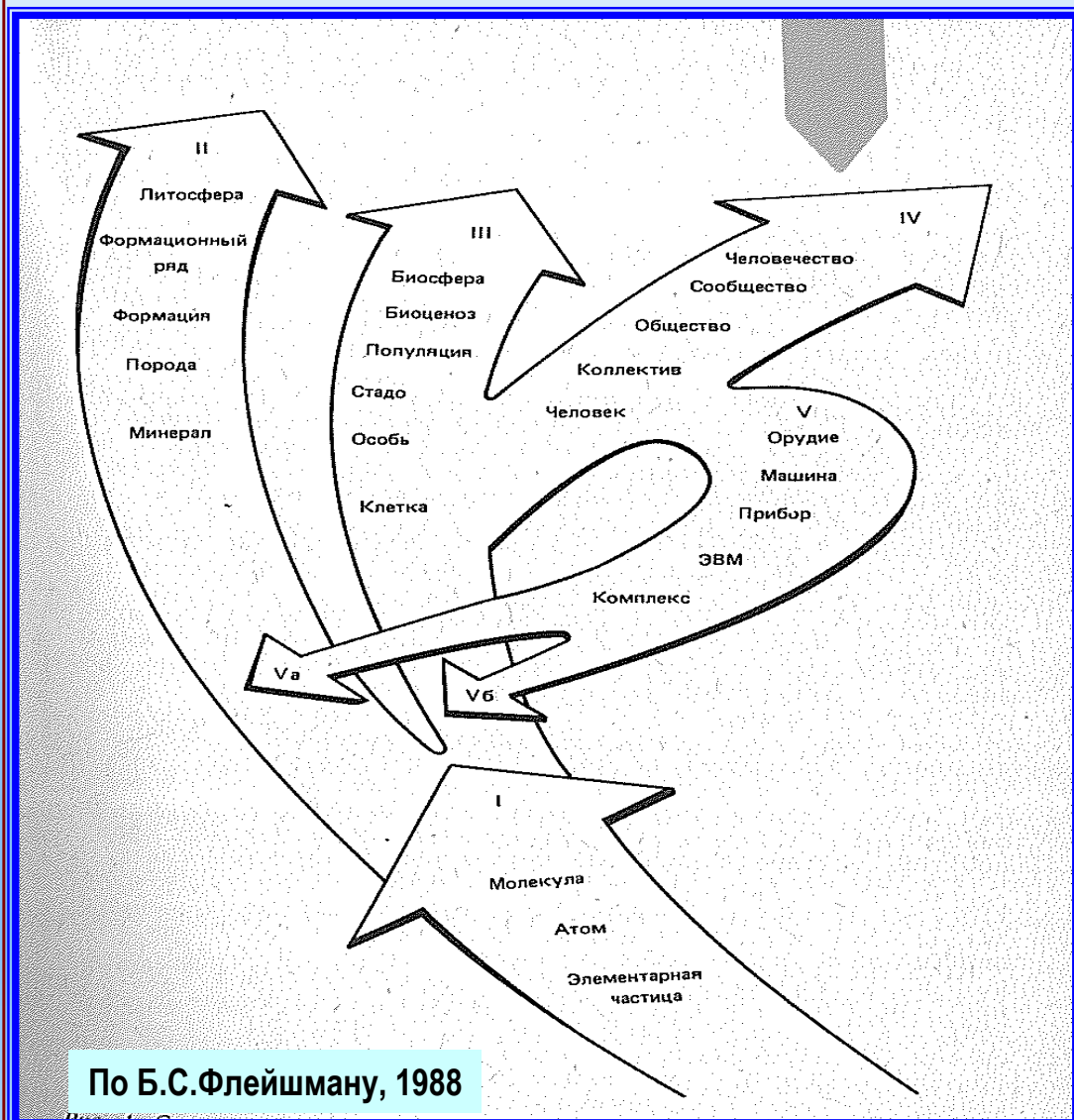
Понятийная база системного анализа

Основным свойством систем является разнопорядковость свойств объекта и субординация между объектами системы, когда низшая форма движения подчиняется высшей, но в тоже время каждая из них опирается на свои специфические (эмерджентные) закономерности и обладает известной анатомией.

Схема иерархической упорядоченности мира.

I.-Физическая. II-Геологическая. III-Биологическая. IV-Социальная.

V –Техническая: Va-геолого-технические комплексы; Vб-биотехнические комплексы.



Принципы и задачи системного анализа

1. Разнопорядковость свойств объектов – это ключ к пониманию системного анализа, при котором окружающая геологическая среда воспринимается как целостное, состоящее из различных макро-, мезо- и микросистем (от атома – до литосферы).

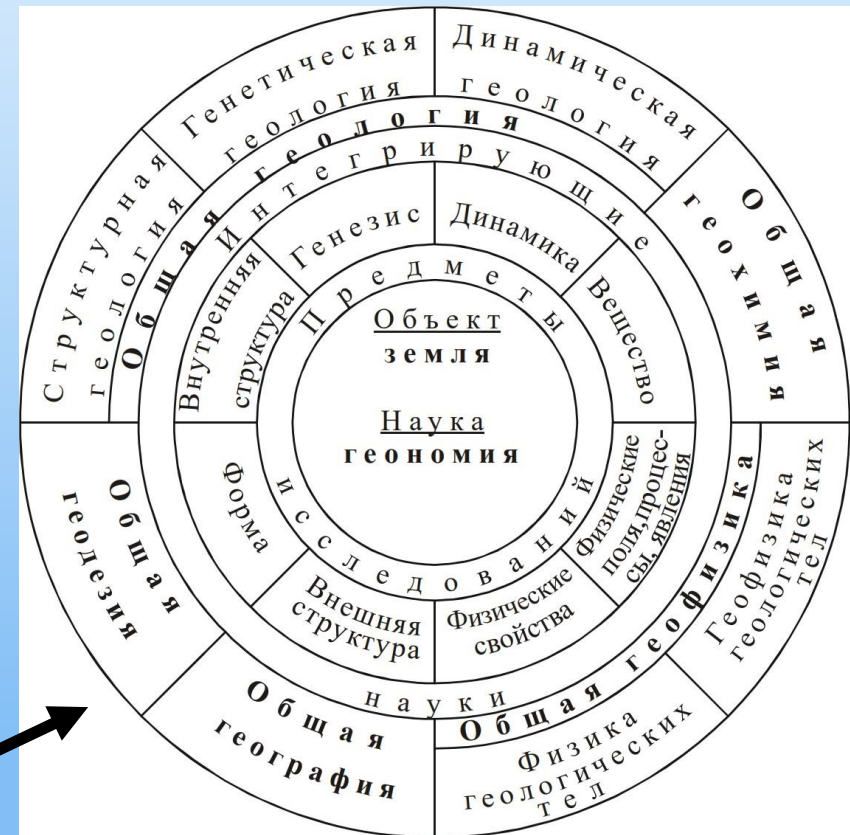
2. Другим принципом системного анализа является принцип междисциплинарных исследований. Это означает, что при изучении сложных геологических систем привлекаются различные дисциплины (схема Флейшмана).

Основная задача системных исследований - анализ, конструирование и управление функционированием любых объектов, которые можно рассматривать как системы.

Примеры понятийной базы системного анализа

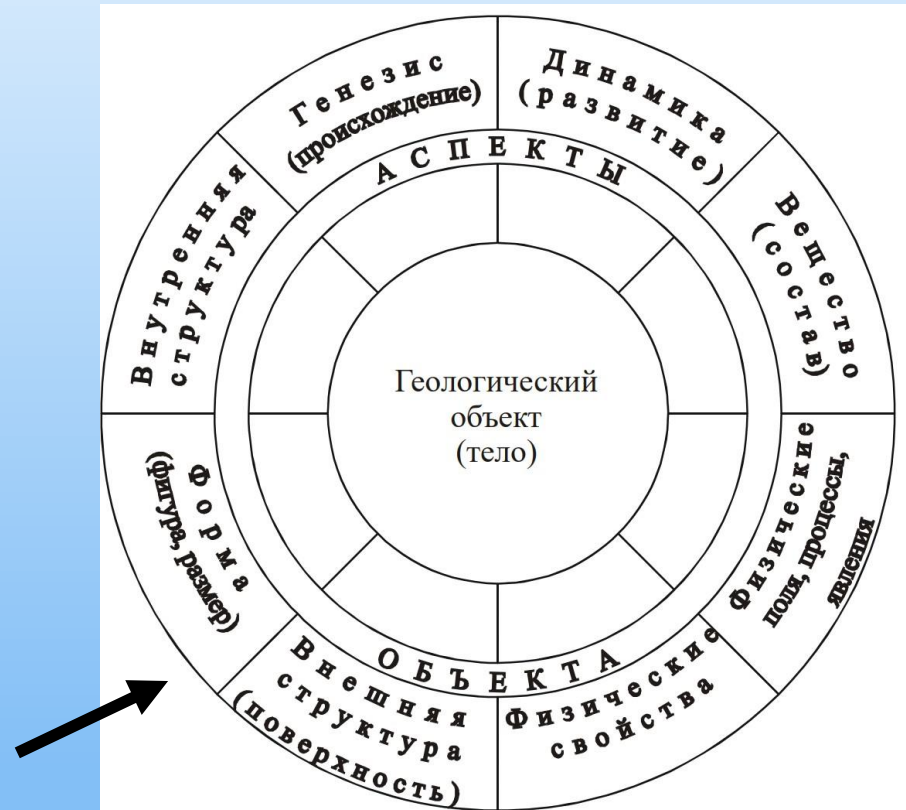
Земля, как глобальный объект, в целом, изучается глобальной наукой – геонимией, основы которой закладываются и развиваются на наших глазах.

- Геонимия понимается как комплексная наука о Земле и её компонентах, охватывает все отрасли знания о нашей планете, являясь в то же время не их суммой, а обобщающей системой.
- Геонимия имеет своим объектом уникальную и наиболее сложную из всех известных нам естественную систему, компоненты которой относятся к различным уровням организации природы.
- Интегрирующие науки, входящие в состав геонимии, имеют один и тот же объект, но разные предметы исследования*.

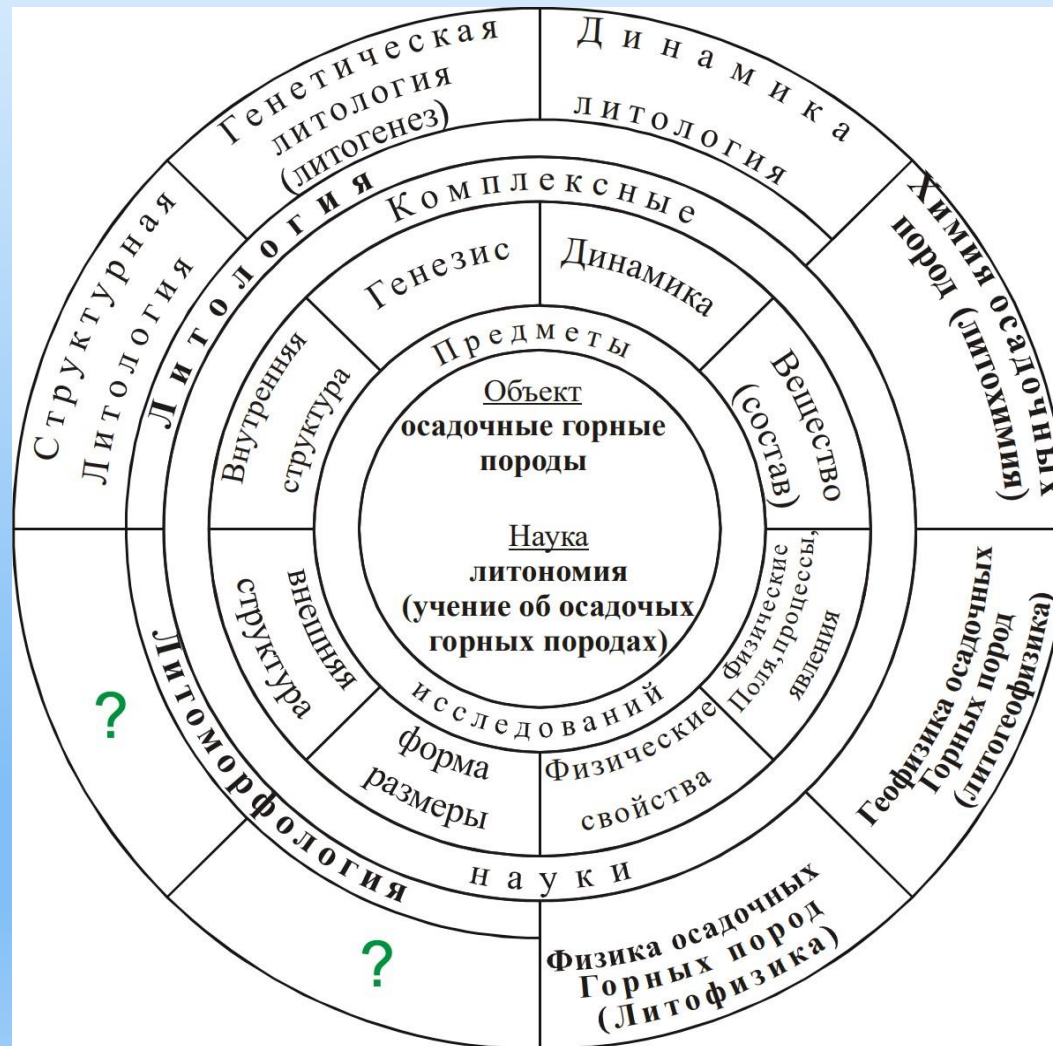


Примеры понятийной базы системного анализа

- В настоящее время большинством исследователей принимается следующая иерархия природных геологических объектов, представляющих собой тела – системы соответствующих уровней организации: минералы – породы – ассоциации геологических тел – геосферы – Земля (в целом)
- Каждый из выделяемых геологических объектов является сложной системой, состоящей из целого ряда подсистем, вплоть до элементарных ячеек – тел, находящихся в сложной взаимосвязи и взаимодействии
- Любой геологический объект (тело), в том числе и Земля в целом, может быть достаточно полно охарактеризован следующими основными аспектами, являющимися предметами изучения отдельных наук*



Примеры понятийной базы системного анализа



Системный анализ

Понятийная база системного анализа:

- **Подсистемы и элементы** – части, на которые расчленяется система.
- **Партиалитет**- любая часть любого геологического тела (образец, пласт, горизонт, интервал, газовая шапка, нефтяная оторочка, минеральное зерно и т.п.).
- **Свойство системы**- способ расчленения системы на части и соединения частей в одно целое с целью выделения в геологическом пространстве.
- **Внутренняя система** - целостное образование, такое как залежь и т.п., имеющую структурированную совокупность составляющих ее частей.
- **Внешняя система** - это класс объектов одной и той же общей природы, образующих некоторую естественную систему*.
- **Уровни иерархии** - совокупность элементов или подсистем, принадлежащих одному горизонтальному ряду системной иерархии.
- **Атрибуты** - некоторая группа свойств, которая в данных условиях и для данной цели выступает в качестве основной.

Дополнительная понятийная база

- **Система** — совокупность элементов, действующих вместе как целое и выполняющих этим определенную функцию.
- **Структура** — способ взаимодействия элементов системы посредством определённых связей (картина связей и их стабильностей).
- **Процесс** — динамическое изменение системы во времени.
- **Функция** — работа элемента в системе.
- **Состояние** — положение системы относительно других её положений.
- **Системный эффект** — такой результат специальной реорганизации элементов системы, когда целое становится больше простой суммы частей.
- **Структурная оптимизация** — целенаправленный итерационный процесс получения серии системных эффектов с целью оптимизации прикладной цели в рамках заданных ограничений

Системный подход представляет совокупность взаимосвязанных аспектов исследования систем:

- **Системно-элементного**, отвечающего на вопрос, из чего (каких компонентов) образована система;
- **Системно-структурного**, раскрывающего внутреннюю организацию системы, способ взаимодействия образующих её компонентов;
- **Системно-функционального**, показывающего, какие функции выполняет система и образующие её компоненты;
- **Системно-коммуникационного**, раскрывающего взаимосвязь данной системы с другими как по горизонтали, так и по вертикали;

Дополнительная понятийная база

- **Системно-интегративного**, показывающего механизмы, факторы сохранения, совершенствования и развития системы;

Системно-исторического, отвечающего на вопрос, как, каким образом возникла система, какие этапы в своём развитии проходила, каковы её исторические перспективы

Системный анализ в недропользовании:

- Количественные критерии системного анализа для принятия решений в проблемных ситуациях геолого-геофизических исследований в задачах недропользования;
- Стадийность геологоразведочного процесса с позиции системного анализа;
- Физико-геологическое моделирование изучаемых объектов как анализ и синтез разнородной информации сложной природы; решение слабоформализованных задач недропользования

Системный подход основывается на принципах:

- **Единства** – совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупности частей;
- **Развития** – учёт изменяемости системы, её способности к развитию, накоплению информации с учётом динамики окружающей среды;
- **Глобальной цели** – ответственность за выбор глобальной цели; оптимум подсистем не является оптимумом всей системы;
- **Функциональности** – совместное рассмотрение структуры системы и функций с приоритетом функций над структурой;
- **Децентрализации** – сочетание децентрализации и централизации;
- **Иерархии** - учет соподчинения и ранжирования частей;
- **Неопределенности** – учет вероятностного наступления события;
- **Организованности** – степень выполнения решений и выводов.

Основная задача системных исследований - анализ, конструирование и управление функционированием любых объектов, которые можно рассматривать как системы.

Связь между возможными представлениями геологического объекта как системы.

Представления:

Пл- партиалитное.

И- иерархическое; некоторая иерархическая упорядочность партиалитов.

Ат- атрибутивное; совокупность связей и отношений частей, характеризующихся сходными реакциями на изменения окружающей среды (пор.прон.нгн. мощн.)

П- процессуальное; совокупность состояний объекта во времени (уровень взаимодействия при разраб.залежи)

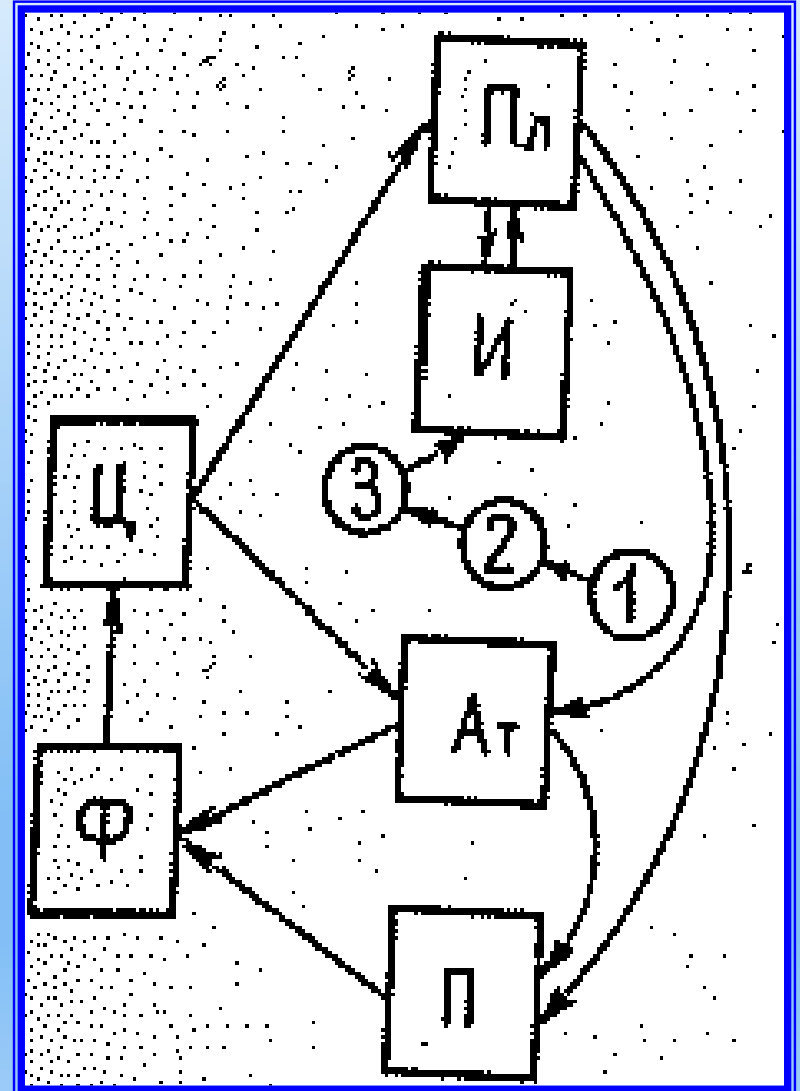
Ф- функциональное; структура, которая обуславливает данный способ функционирования системы (Ат и Пл могут перейти в новую структуру).

Ц- целостное; понятие системного окружения, влияющего на систему.

1- Элемент, 2- Подсистема, 3- Компонента.

Для конкретной системы окружение (окружающая среда) есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы.

Системный анализ



Системный анализ

Особенностью системного анализа является комплексное исследование осадочных бассейнов и природных резервуаров с литолого-генетических позиций, позволяющих разработать новые принципы классификации осадочных пород, основы палеорайонирования и методику геолого-геофизического изучения осадочных бассейнов.

Цели системного литолого-генетического анализа:

- ❖ Изучение осадочных бассейнов как целостных природных систем.
- ❖ Установление их структуры и состава, генезиса и этапов развития этих систем.
- ❖ Проведение структурно-литологической типизации осадочных бассейнов и прогнозирование на этой основе их нефтегазоносности.

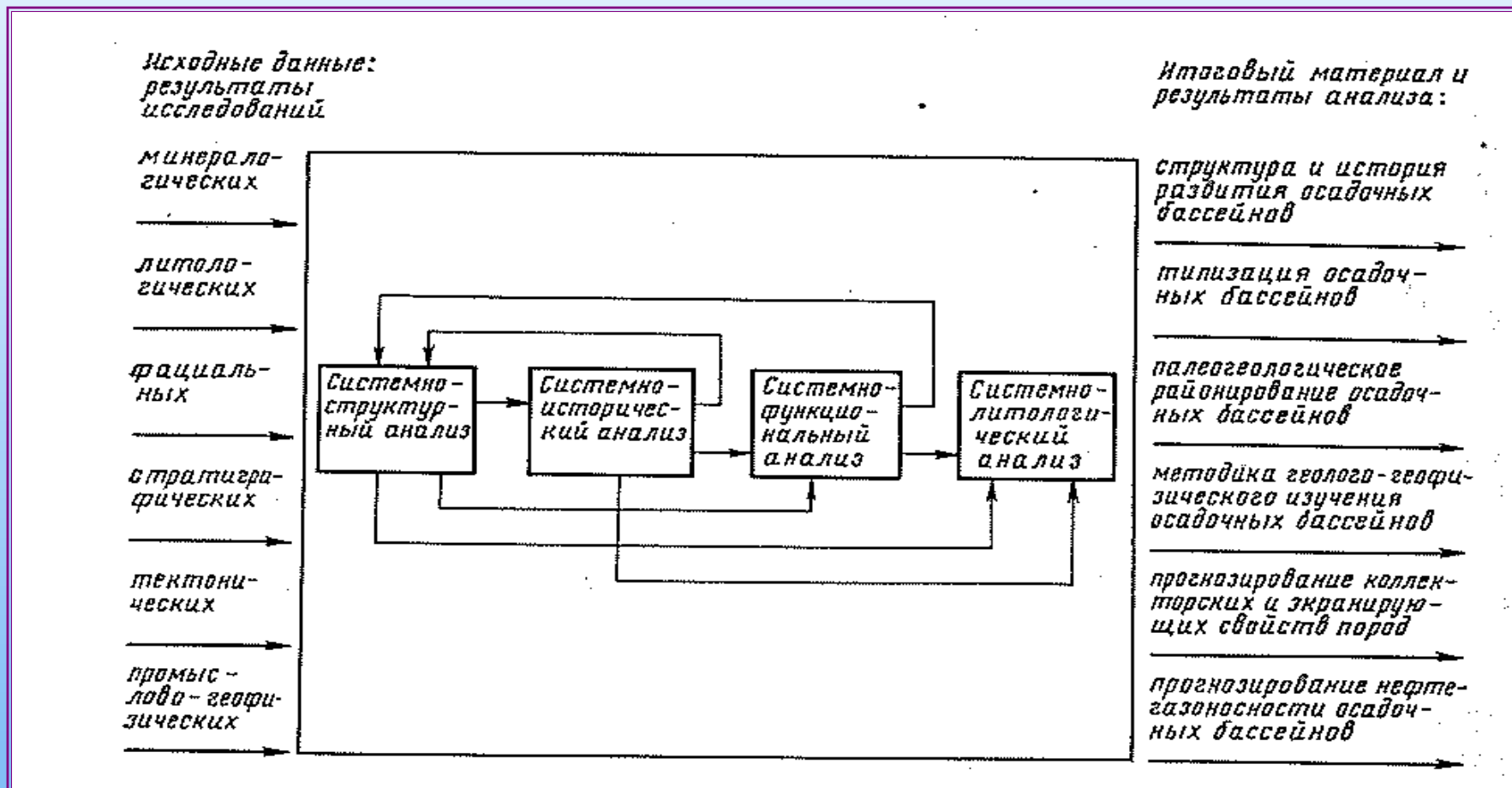
Примечание - основными принципами систем являются целостность, структурность, иерархичность, взаимозависимость системы и взаимодействия ее с окружающей средой.

Системный анализ

Преимущества системного подхода:

- Системный подход позволяет более широко изучить сложнейшие геологические объекты, установить их целостность и структуру, выявить основу (механизм) целостности объекта, определить и объяснить многообразие связей элементов системы, дать историко-геологический анализ развития системы и взаимодействия ее с окружающей средой.
- *Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов отличается многоплановостью и подразделяется на системно-структурные, системно-исторические, системно-функциональные и системно-литологические исследования.*

Схема системного литолого-генетического анализа нефтегазоносных осадочных бассейнов



При проведении системного анализа НГБ необходимо выделять 3 этапа.

I этап базируется на системно-структурных и системно-исторических исследованиях и имеет цель установление структуры изучаемого ОБ и истории его геологического развития.

II этап предусматривает изучение природных резервуаров, их коллекторских и экраняющих параметров и базируется на данных системно-функциональных и системно-литологических исследований.

III этап - прогнозирование НГН изучаемых осадочных бассейнов. На этом этапе системный анализ выступает как обобщающий инструмент и направлен на выявлению наиболее перспективных участков.

Системный анализ

Выводы:

- При изучении сложных геологических образований необходимо тесное сочетание системно-структурных и системно-исторических исследований.
- Системно-структурный анализ позволяет разделить систему на элементы, изучить их взаимосвязь, дает представление о структуре изучаемого геологического объекта.
- Сочетание системно-структурных и системно-исторических исследований не только позволяет установить последовательность событий, в результате которых образуются тела, но дает возможность определить генезис, проследить эволюцию, а также получить целостную картину об осадочном бассейне, как об исторически развивающейся системе.
- Системно-функциональный анализ имеет дело с функционированием системы как взаимосвязанного целого, а также с её функционированием во внешней среде. В обоих случаях важно знать структуру, законы взаимодействия с другими системами, факторами внешней среды.
- Одним из свойств образующейся системы является ее постоянное взаимодействие со средой, в процессе которого постоянно формируются новые свойства системы.

Вопросы по закреплению содержания лекции 1

- Основные принципы системного подхода.
- Два альтернативных подхода в геологических исследованиях, понятийная база,
- Определение аналитического подхода, принципы организации исследований, положительные аспекты и негативные стороны аналитической методологии практические примеры.
- Определение организмического подхода, принципы организации исследований, положительные аспекты и негативные стороны организмической методологии, практические примеры.
- Принципы и задачи системного анализа. Понятийная база системного анализа. Ситуационные примеры системного анализа.
- Основные свойства систем, их иерархический уровень построения, разнопорядковость свойств объекта и субординация между объектами системы, соподчиненность, структура и специфические (эмерджентные) закономерности.
- Системно-элементный, системно-структурный, системно-функциональный, системно-коммуникационный аспекты системного анализа, принципы организации, функции и взаимосвязи.
- Принципы системного подход: единство – развитие - глобальная цель – функциональность – децентрализация – неопределенность.
- Задачи системных исследований - анализ, конструирование и управление функционированием любых объектов, которые можно рассматривать как системы.
- Цели и принципы системного литолого-генетического анализа, структура построения и объекты исследований, этапность анализа.

Список литературы

- Макрусев В.В. Основы системного анализа: учебник / Макрусев В.В. - СанктПетербург: Троицкий мост, 2022. — 250 с. — ISBN 978-5-4377-0138-6
- Лапердин А.Н., Холоднов А.С., Ермилов А.Н. Применение системного подхода при разработке месторождений углеводородного сырья - Экспозиция Нефть Газ, 1(26), 2013г.
- Косентино Л. Системные подходы к изучению пластов. Перевод с английского И. Ю. Облачко. Научная редакция Д. А. Антоненко, В. М. Яценко. 2007.
- Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
- Разумовский О.С. Идея структурного фундаментализма. Динамика и развитие иерархических (многоуровневых) систем. – Казань: Изд-во Волга Пресс, 2003.

Благодарю за внимание!

Thank you for your attention!

Назарларыңызға рахмет!