

Системный подход к изучению нефтегазоносных пластов

**Схема образования элементарных осадочных тел,
ассоциаций осадочных тел комплексов осадочных тел.
Иерархия природных геологических объектов.
Практические примеры применения системного анализа**

Лекция 2 (вводная)

**Казахский Национальный Исследовательский Технический
Университет,
Кафедра “Геофизики”**

Иерархия природных геосистем

Уровни иерархии - совокупность элементов или подсистем, принадлежащих одному горизонтальному ряду системной иерархии

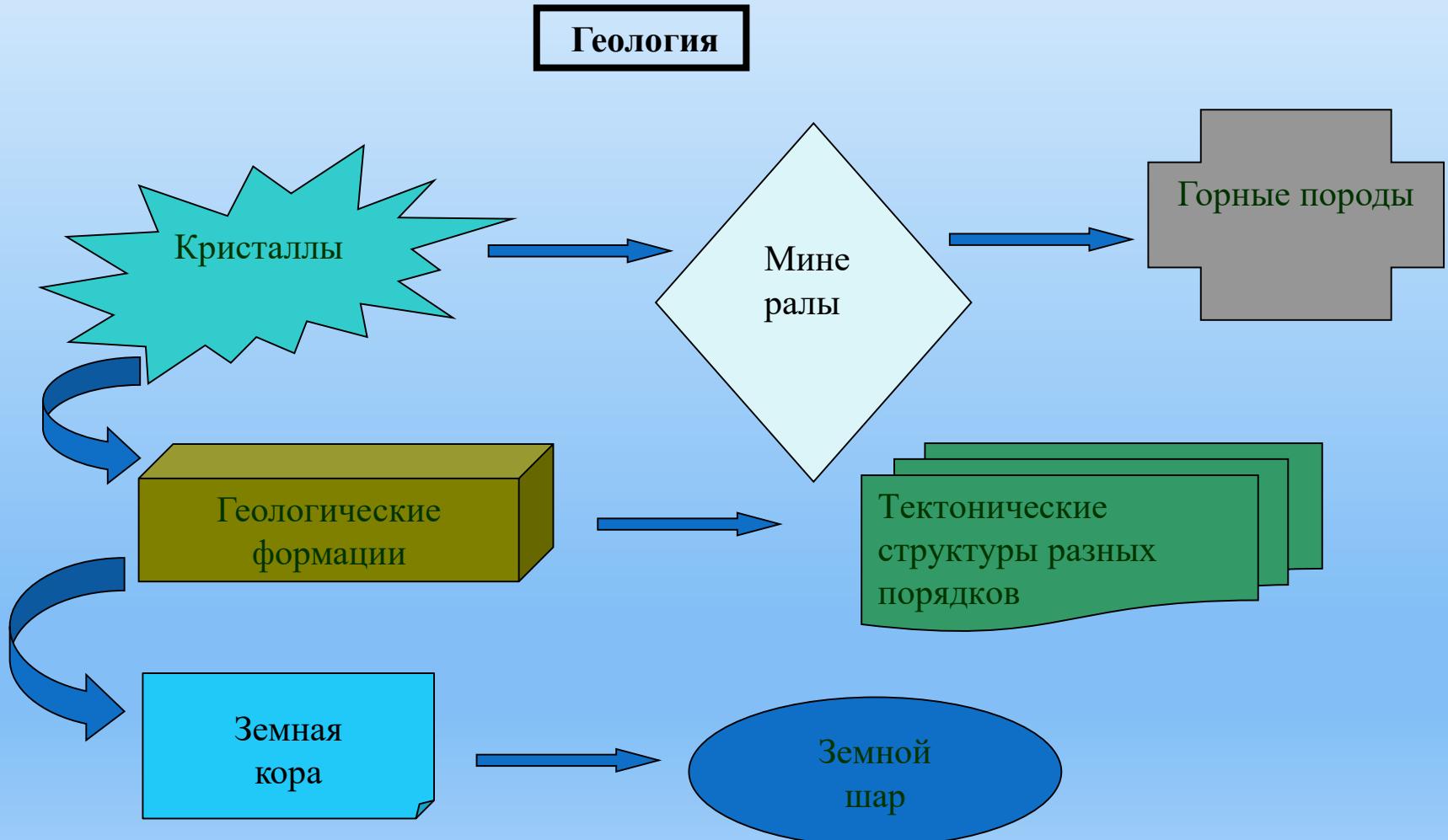


Схема образования элементарных осадочных тел (ЭТ) и ассоциаций осадочных тел (АТ)

Элементарное осадочное тело (ЭТ) представляет собой монопородное тело или ряд монопородных тел, образующих системное сочетание и объединенных единством места, времени и однотипными условиями осадконакопления.

АТ – ассоциацией осадочных тел называется совокупность ЭТ, объединенных единством места, времени и однотипными условиями осадконакопления.

Образование тел осуществляется в результате действия как стационарных факторов, присущих обстановке седиментации, так и возможных случайных факторов, среди которых наиболее распространена вулканическая деятельность.

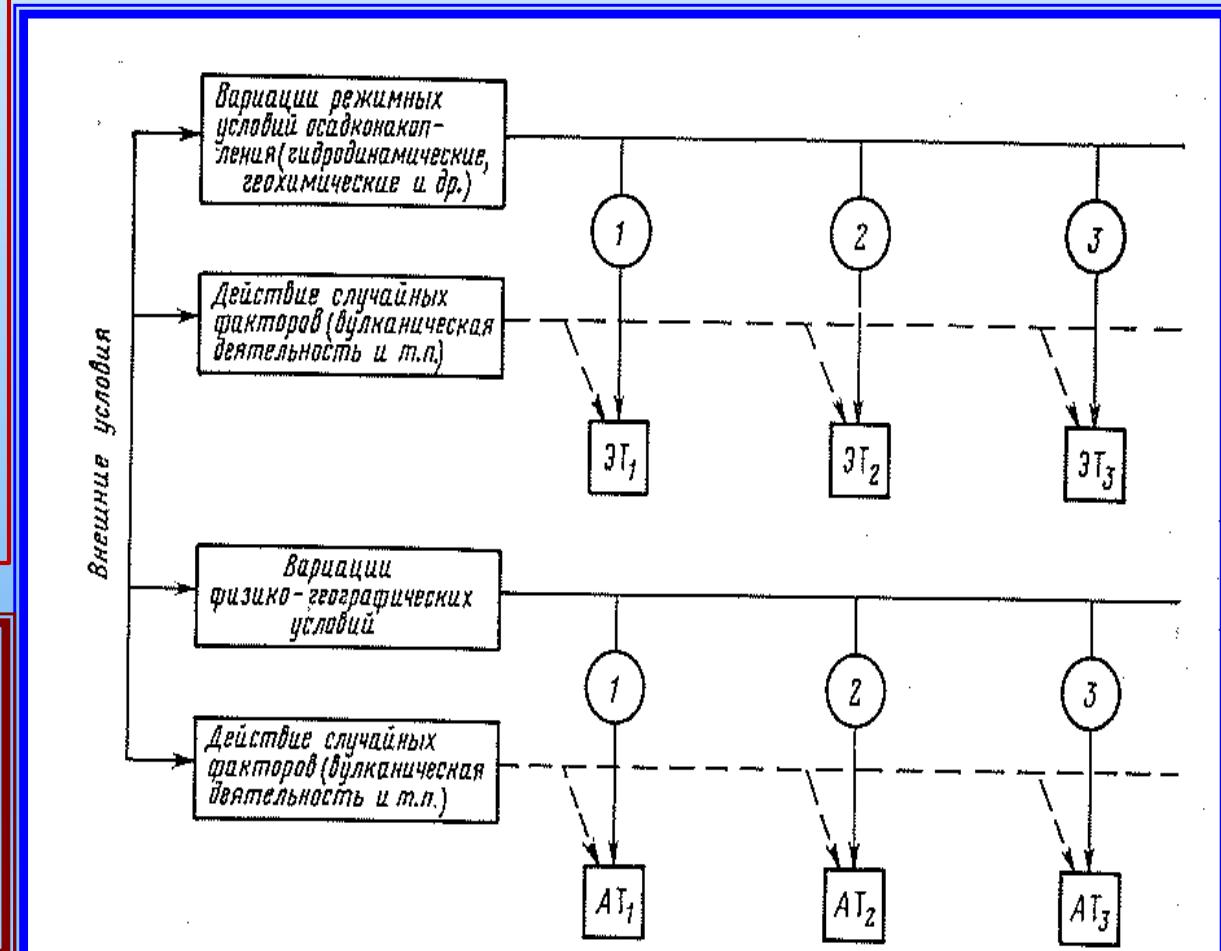


СХЕМА ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ОСАДОЧНЫХ ТЕЛ

Цикл горной породы



СХЕМА ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ОСАДОЧНЫХ ТЕЛ

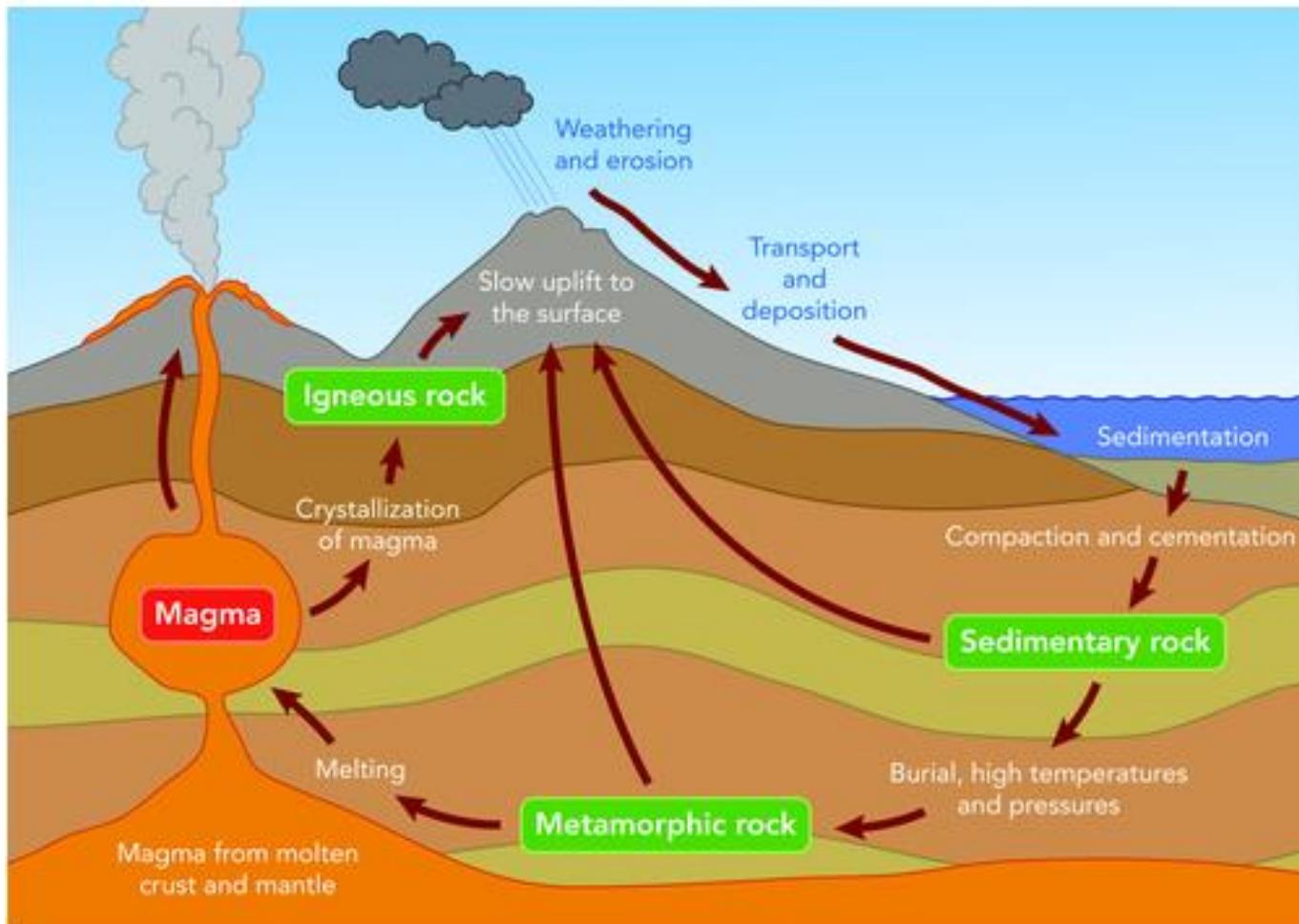
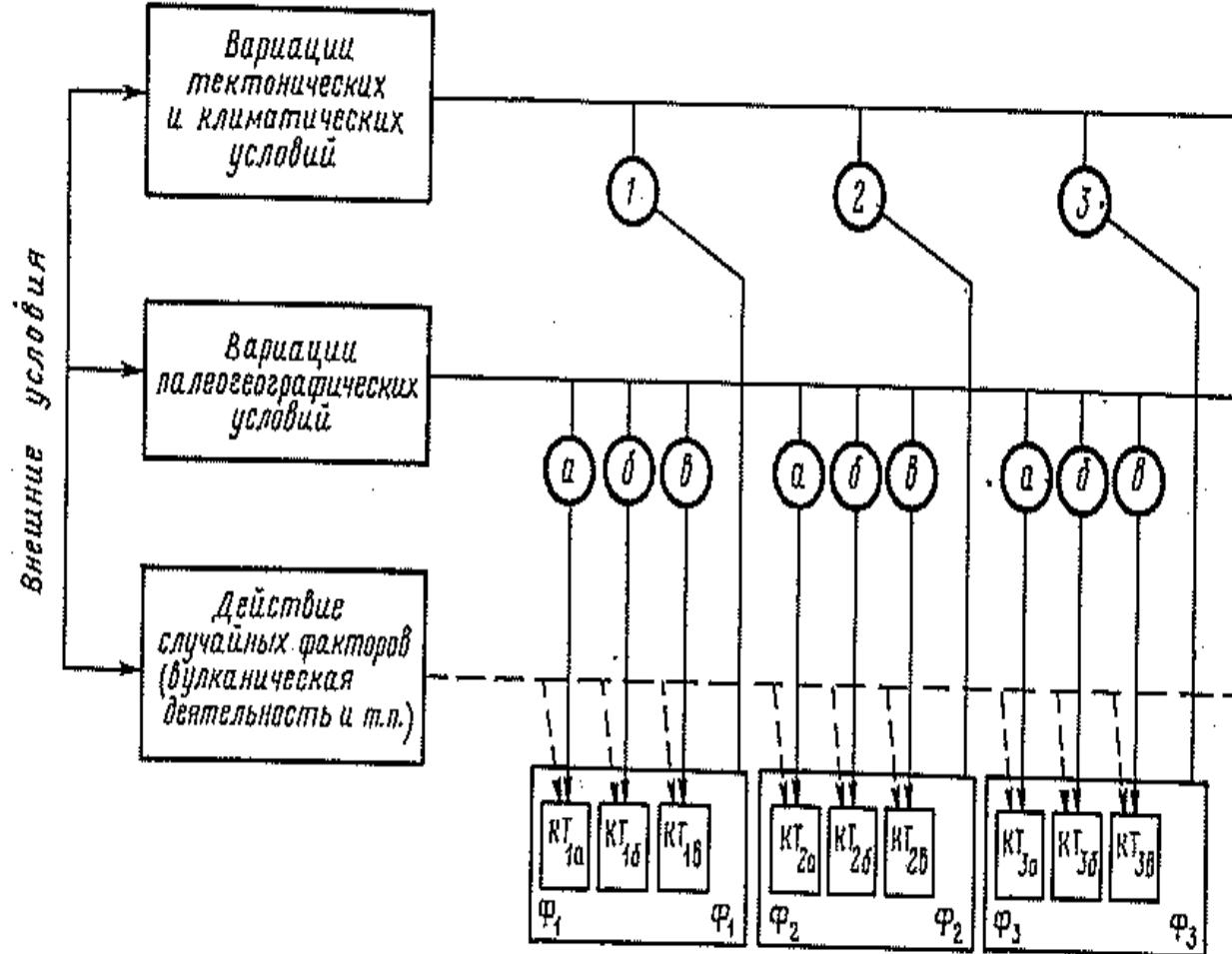


Схема образования комплексов осадочных тел (КТ) и формаций (Φ)



Условные обозначения.
Вариации:

1,2,3 тектонических и
климатических условий.
а,б,в – палеогеографи-
ческих условий.

КТ – комплексом
осадочных тел называется
совокупность АТ,
объединенных единство
места, времени и
однотипными условиями
осадконакопления.

Комpleксы осадочных
тел отличаются от соседних
комплексов сочетанием
видов и соотношений АТ.

Геологическая форма-
ция — природная
совокупность горных
пород со сходными
условиями образования

Иерархия природных геологических объектов

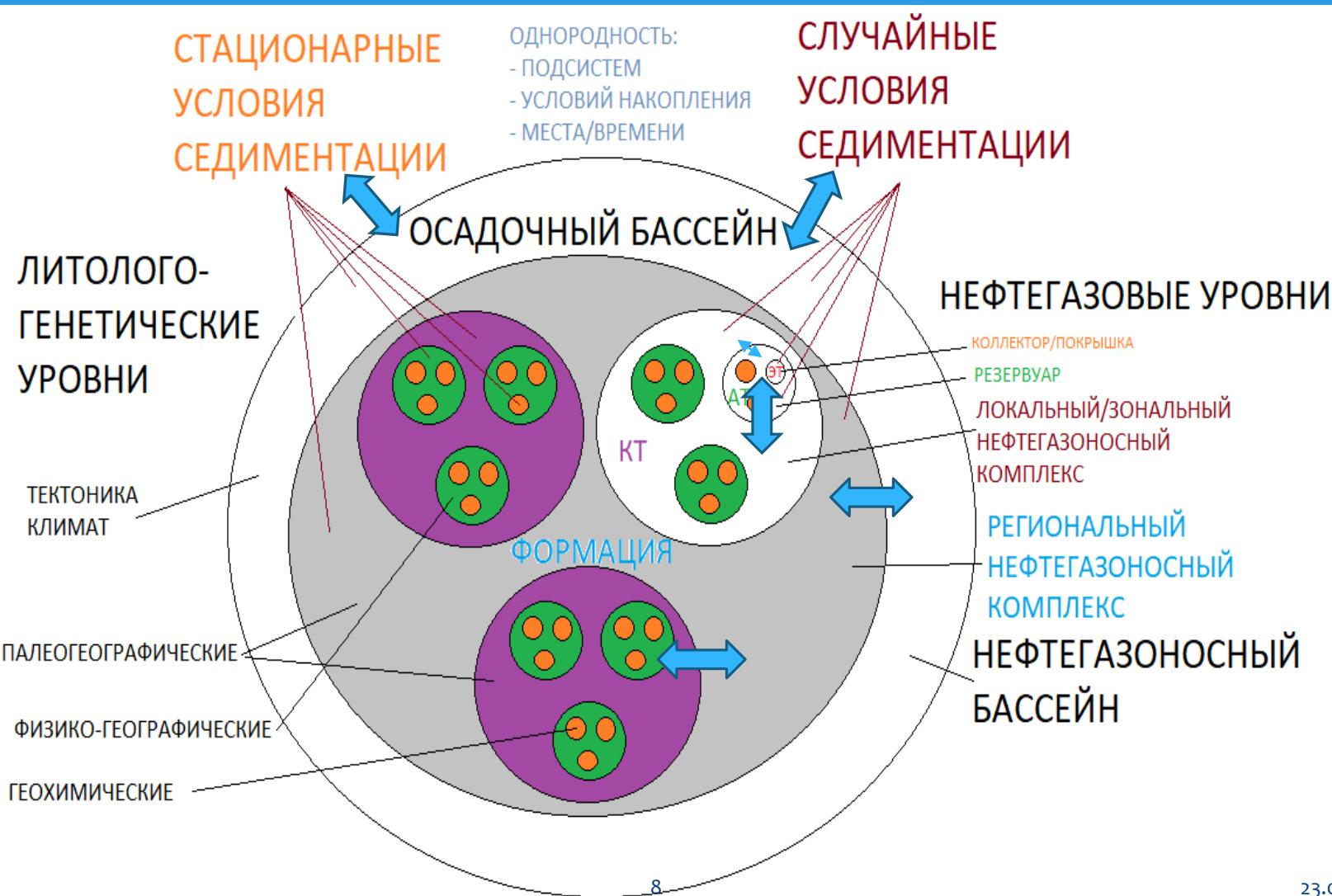


В системных исследованиях выделяются литолого-генетическая и нефтегазовая ветви иерархии:

-Литолого-генетическая ветвь призвана восстановить историю развития осадочного бассейна, его эволюцию в пространстве и времени; условия осадконакопления, тектонические и климатические особенности для каждого этапа развития бассейна.

- Нефтегазовая ветвь призвана установить характеристику нефтегазоносности осадочного бассейна, характер изменения коллекторских и экранирующих свойств пород, условия генерации и аккумуляции нефти.

Иерархия и схема образования геологических тел



Практические примеры применения системного анализа

При системно-структурном и системно-историческом анализах осадочного бассейна выделяются две основные цели

Восстановить историю развития осадочного бассейна

Определить тип нефтегазоносности осадочного бассейна

Эволюция в пространстве и времени

Характер изменения коллекторских и экранирующих свойств

Условия осадконакопления

Условия и генерации и аккумуляции углеводородов

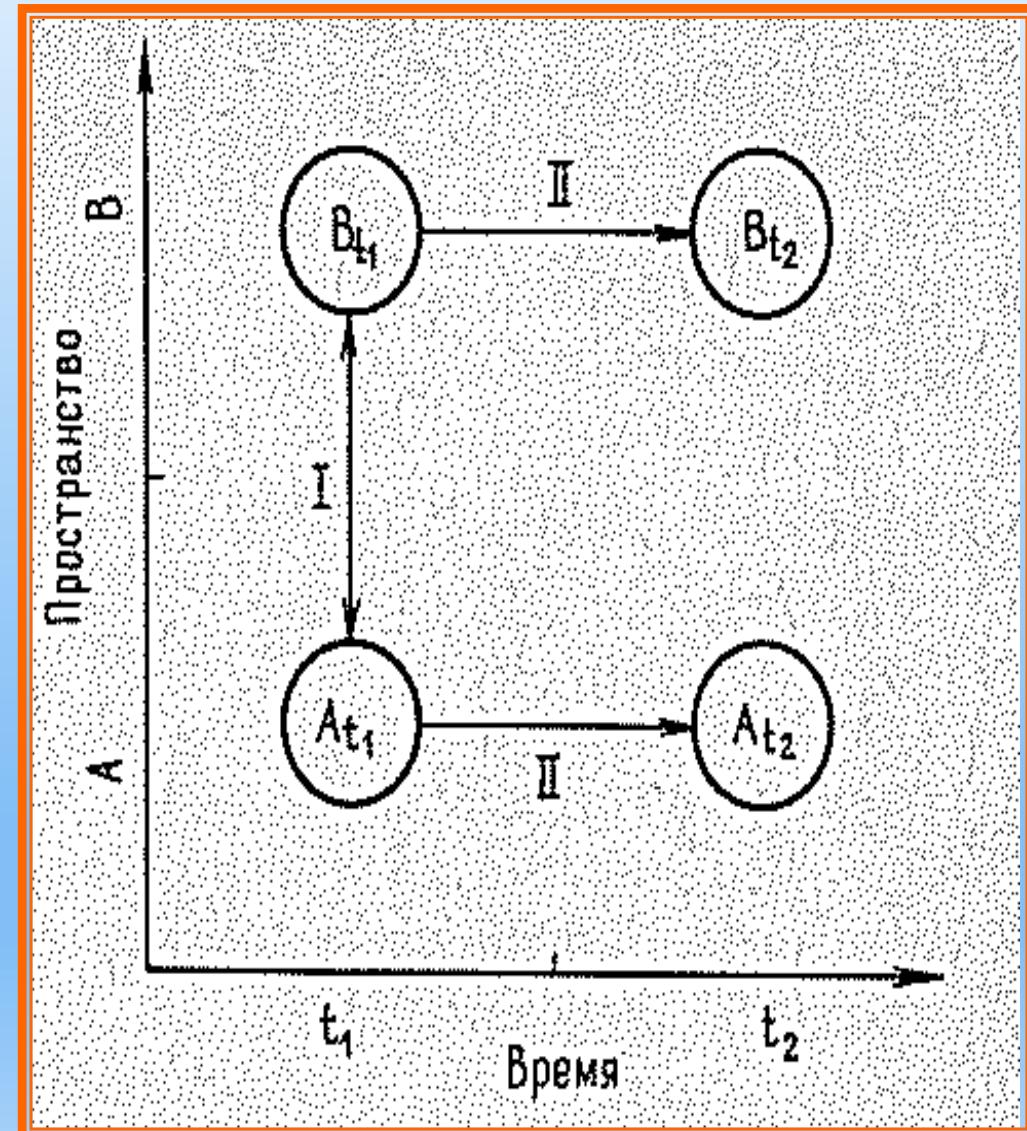
Тектонические и климатические особенности

Структурные особенности

Правила применения:

- Реальное взаимодействие происходит лишь между объектами, сопоставимыми по пространственным и временным характеристикам.
- Любое взаимодействие складывается из двух составляющих: собственного взаимодействия и изменения состояний взаимодействующих объектов (пространственно-временной континуум).
- Строение залежи УВ и способ ее функционирования определяют связи вертикальные, отражающие отношения субординации и горизонтальные, отражающие отношения координации.
- При моделировании структур наиболее эффективны связи прямые, направленные от более «активного» элемента или явления, и обратные, возникающие как ответная реакция, подвергшихся воздействию элементов, от которых воздействие исходит (пример закачка воды в пласт).

Системный анализ



Системный анализ

Схематическое представление уровней иерархического строения линзы терригенного коллектора как системы:

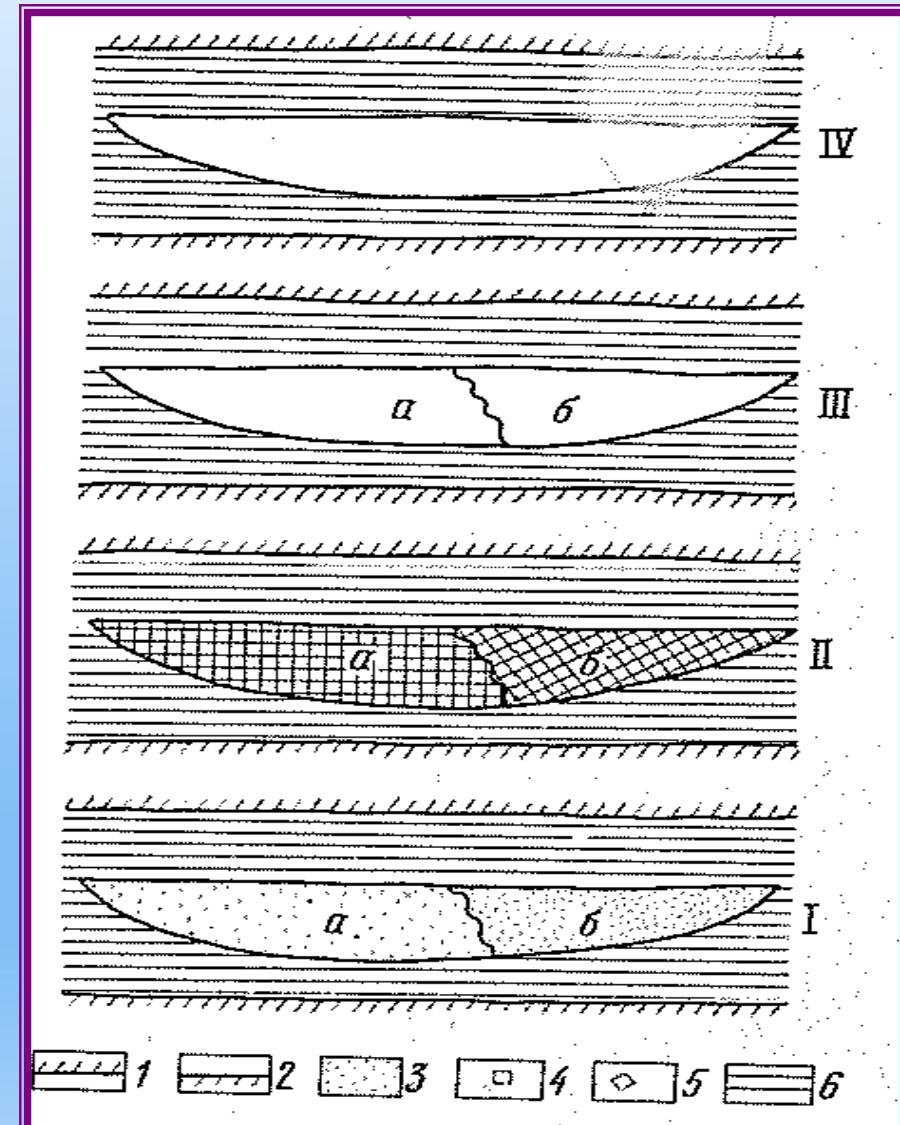
Уровни: I-минеральных зерен (система как множество минеральных зерен); II-образцов (подсистема объединяющих множество различных зерен разной литологии); III-компонентов (множество подсистем-образцов); IV- линзы в целом.

Компоненты линзы: а-песчаная, б-алевролитовая.

1-кровля пласта. 2-подошва пласта. 3-совокупность минеральных зерен. 4-образец песчаника. 5-образец алевролита .6-порода коллектор.

Вывод: рассмотренный пример позволяет понять как один и тот же предмет может быть частью нескольких систем

Любой геологический объект с одной стороны является системой по отношению к входящим в него подсистемам и элементам, а с другой стороны сам одновременно выступает как элемент или подсистема более широкой системы.



Для целей промыслового-геофизических исследований целесообразно выделять следующие уровни структурной организации геологической системы.

I. Ультрамикроуровень - уровень минерального зерна (релитов); совокупность зерен с их взаиморасположением и взаимосвязями.

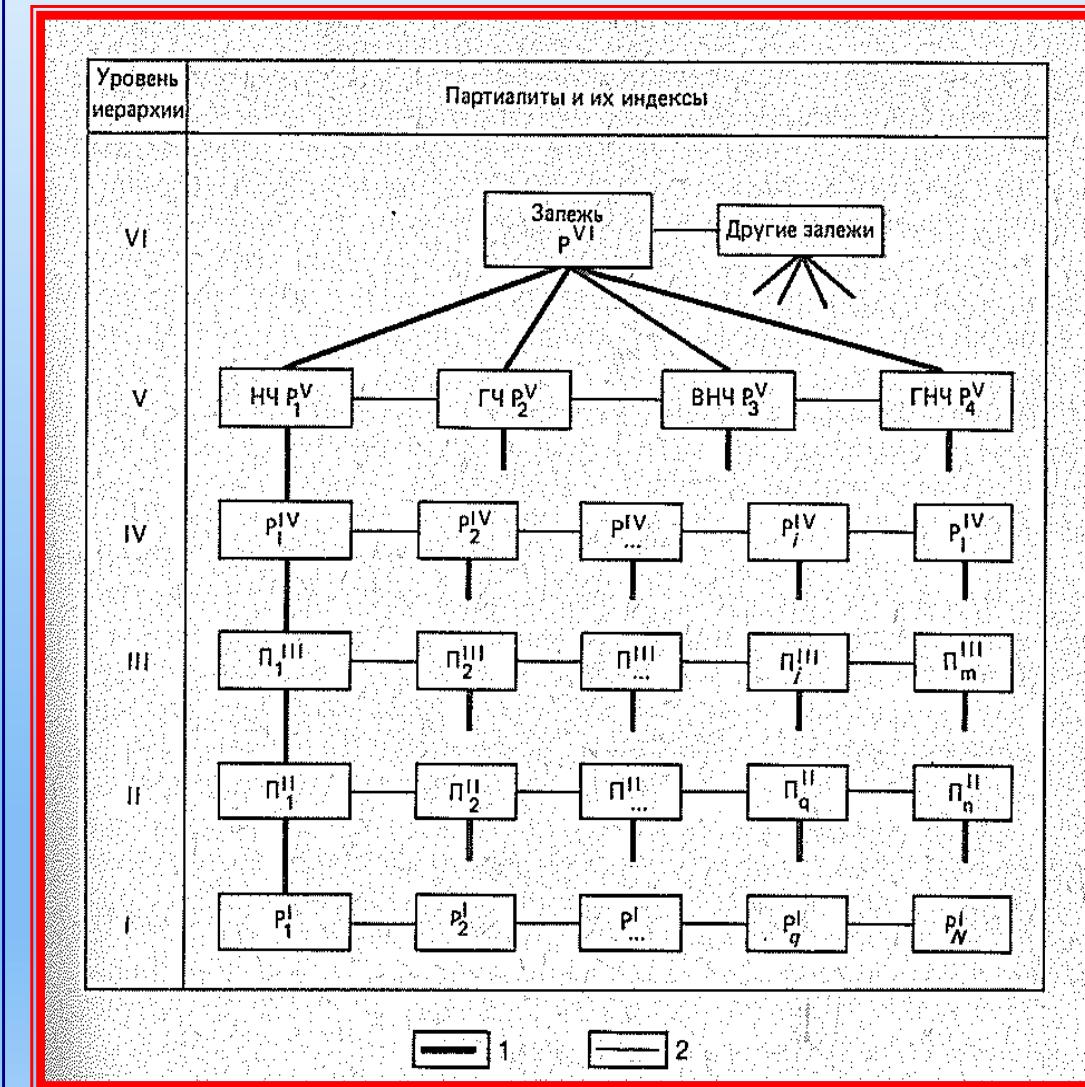
II. Микроуровень – уровень, на котором в качестве элемента системы выступает конгломерат минеральных зерен в объеме горной породы, по которому определяются пористость, проницаемость и т.п.

III. Мезоуровень -уровень псевдолитов, границы которого проводятся в пределах одного класса (терригенные, карбонатные и.т.п.) или литологического типа (песчаник, известняк и.т.п.) пород по некоторым граничным свойствам пород (ФЕС).

Структурная схема залежи углеводородов в терригенном лимите.

1-Связь между уровнями (субординация).
2- Связь в пределах одного уровня (координация); Р-релиты; П-псевдолиты. НЧ, ГЧ, ВНЧ, ГНЧ -соответственно нефтяная, 23.09.2023 газовая, водо-нефтяная,

Практические примеры применения системного анализа



Системный анализ

IV. Макроуровень - уровень геологических тел (слой, прослойка, пропласток), сложенных породами одного класса или литологического типа (терригенные, карбонатные или песчаники, известняки, алевролиты, глины и т.п.)

V. Метауровень – уровень, уровень на котором элементами являются такие релиты (реально существующие партиалиты) как водонефтяная, чисто нефтяная, нефтегазовая и другие части залежи.

VI. Мегауровень- уровень, на котором в качестве элементов выступают залежи в целом, объединяющиеся в одно многопластовое месторождение или в один многопластовый эксплуатационный объект.

Таким образом, геологическое тело по одним признакам выступает как простое, а в других условиях и по другим признакам предстает как сложное, расчлененное на тела, различающихся по характеру поведения (полисистемность).

Практические примеры применения системного анализа

Построение «лестницы оснований»

Означает, что реальные макро-и микросистемы действительности входят одна в другую, низшая по уровню организации система является исходным пунктом и основанием для системы более высокого уровня.

Таким образом, при системном подходе исследователь или производит композицию некоторой системы из некоторого комплекса более простых систем, или, наоборот, осуществляет декомпозицию системы в целях ее познания и решения каких-либо практических задач.

Следует иметь ввиду, что сложная система уже сложна на элементарном уровне, т.е. каждый элемент сложной системы сложен в указанном смысле слова.

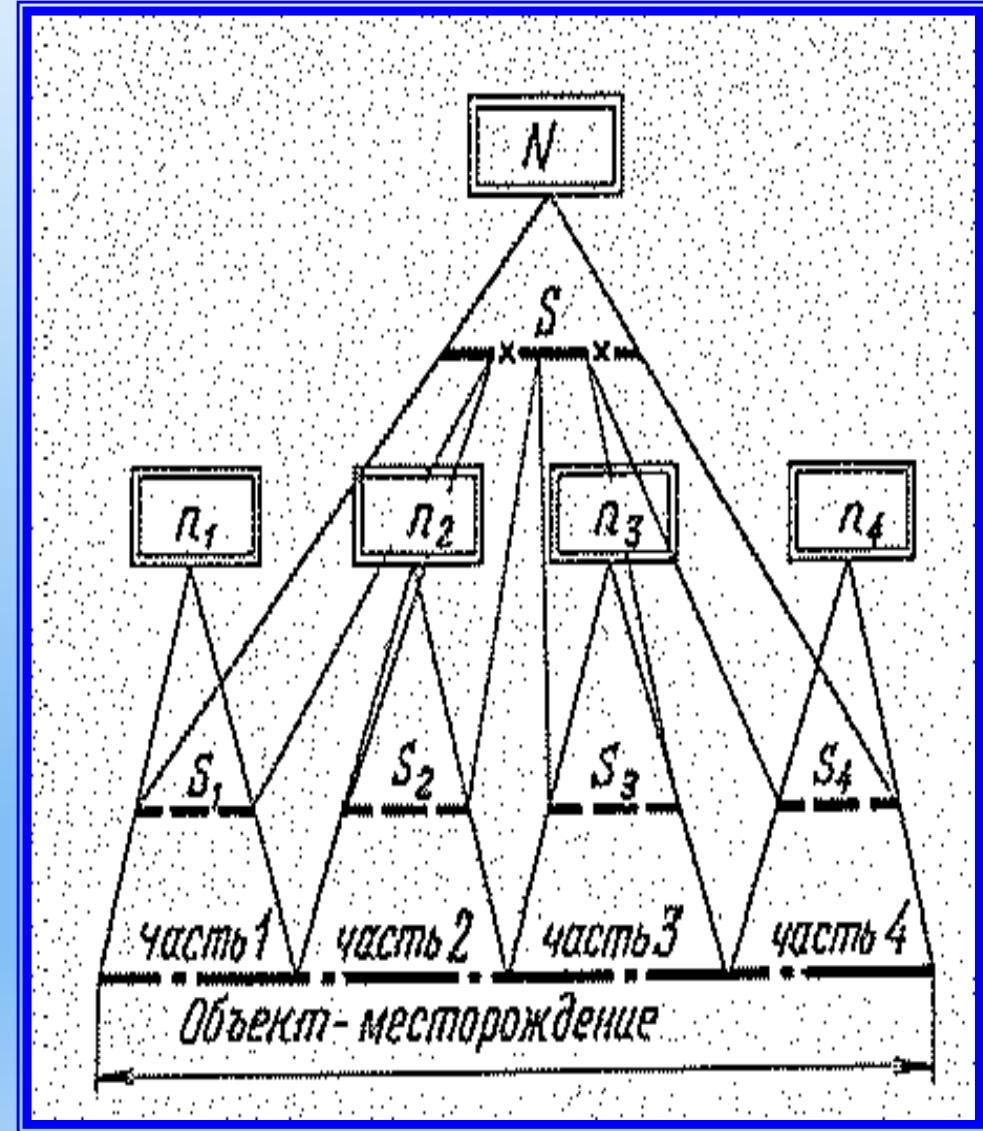
Практические примеры применения системного анализа

Для получения знаний о системе, на первом (нижнем) уровне наблюдений исследователь последовательно рассматривает объект по частям, строя его подсистемы, каждая из которых может представлять собой сложную систему, как и объект в целом (геометрия и структура объектов, ФЕС, литология, физико-химические, газогидромеханические свойства термо-барические условия и т.п.).

Метанаблюдатель (менеджер проекта), находясь на более высоком уровне иерархии, результаты наблюдений над частями рассматривает уже в совокупности и строит их в единую систему.

Схема построения большой системы:

S1, S2, S3, S4 – подсистемы большой системы;
N1, N2, N3, N4- наблюдатели на нижнем уровне;
S-большая система;
N-метанаблюдатель (менеджер проекта).



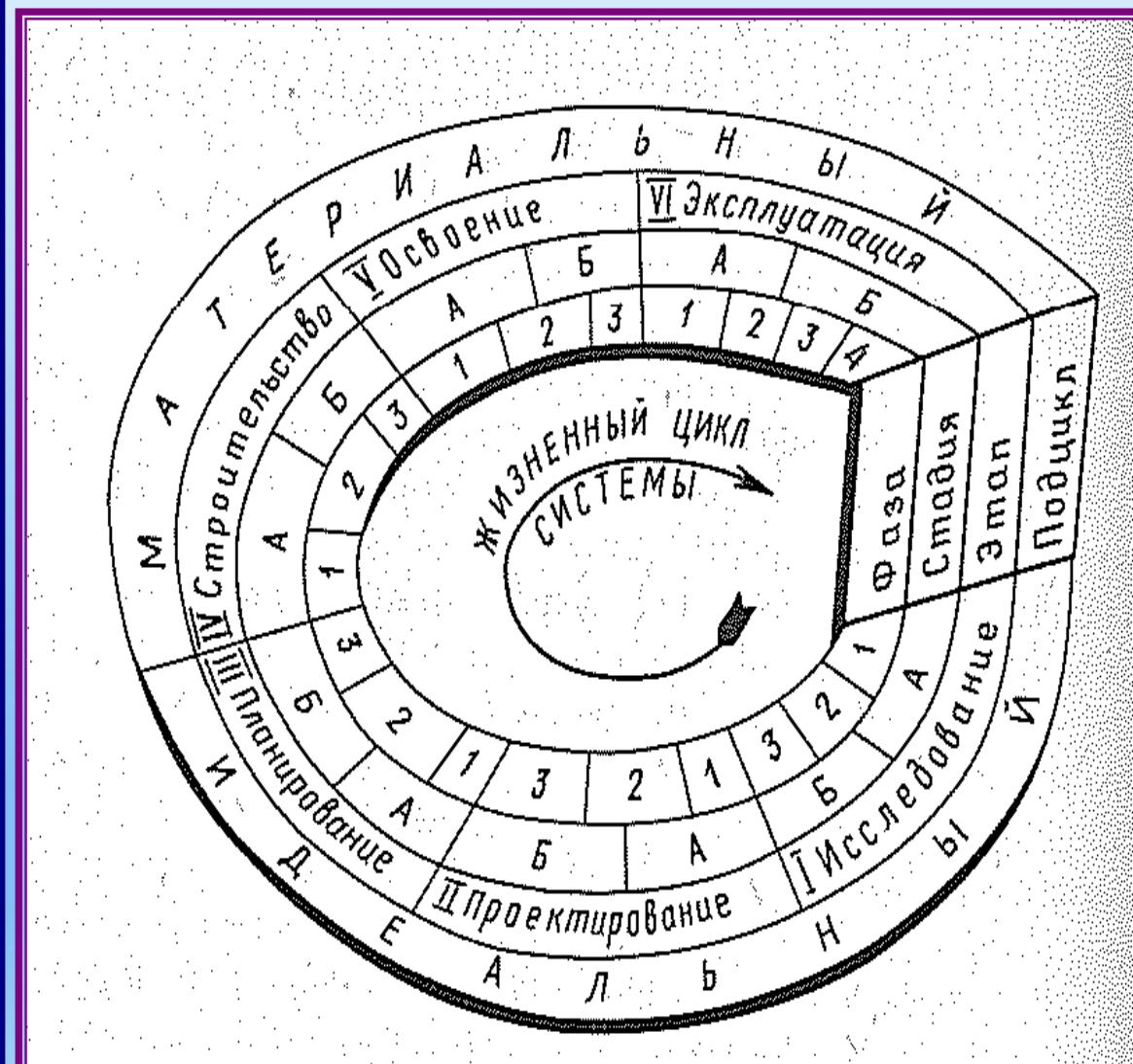
Модель жизненного цикла ГТК как системы.

I этап - стадии: А - теоретическая, Б – практическая; фазы: 1-научная разработка системы. 2-конструирование технических устройств. 3-разведочные работы и наблюдения на технических элементах ГТК.

II этап - стадии: А – макропроектирование, т.е. внешнее задание параметров ГТК, Б – микропроектирование, т.е. разработка структуры и конструкций элементов разных компонент ГТК; фазы проектирования:
1-сети и режим эксплуатации скважин.
2-промышленных систем и сооружений.
3-объектов инфраструктуры.

III этап – стадии планирования: А - предпроектная, Б – послепроектная. фазы планирования: 1-организация и очередность строительных работ и ввода объектов в эксплуатацию. 2-финансирование. 3-объемов работ, материалов и трудовых затрат.

Практические примеры применения системного анализа



Практическое применение системного анализа

IV-этап- стадии: А - подготовка месторождения к разработке. Б - ввод в разработку: фазы строительства: 1-скважин. 2-промышленных систем и сооружений. 3-объектов инфраструктуры.

V-этап: стадии: А - освоения технических объектов, построенных в соответствии с проектом, Б - внесение корректировок в проект для учета новых данных, поступивших на стадии А; фазы освоения : 1-скважин, 2-промышленных систем и сооружений, 3-систем автоматики, телемеханики, телеконтроля.

VI –этап: стадии: А, Б, В соответствуют второй, третьей, четвертой стадиям разработки месторождений; фазы эксплуатации:1- контроль за ходом производственного процесса, регулирование процесса разработки. 3-проведение ремонтных работ. 4 - изыскание внутренних резервов.

Вывод:

Жизненный цикл системы представляет собой сочетание «естественного» и «искусственного» подциклов - идеального (исследование, проектирование и планирование) и материального (строительство, освоение, эксплуатация).

Для эффективного управления материальной системой необходимо видеть всю ее жизнь, возможные варианты ее жизненного цикла и уметь обосновывать выбор того или иного варианта.

Определение ГТК (геолого-технический комплекс):

ГТК представляет совокупность геологической, технической и управляемой компонент, образующих единую систему целенаправленного поведения, связанных единством выполняемой социально-экономической функцией и, как правило, локализованных в пределах площади одного месторождения.

Системный анализ

Заключение:

Системный анализ следует рассматривать как стратегию исследования, которая принимает сложность как существенное неотъемлемое свойство объектов и показывает, как можно извлечь ценную информацию, подходя к таким объектам с позиции сложных систем.

Изменение ориентиров

До недавнего прошлого в нефтяной и газовой геологии подход в исследованиях был последовательным, когда геолог, геофизик, петрофизик и инженер-разработчик работали самостоятельно, а результаты передавались от одного специалиста к другому фактически без обратной связи.

Это приводило к тому, что эти специалисты сами определяли свои собственные задачи, которые отличались друг от друга и зачастую слабо соотносились с обычными целями изучения продуктивных коллекторов. Каждый из них выполнял по возможности более детальные задачи, исходя из своего понимания проблемы, наличествующей технологии и уровня квалификации

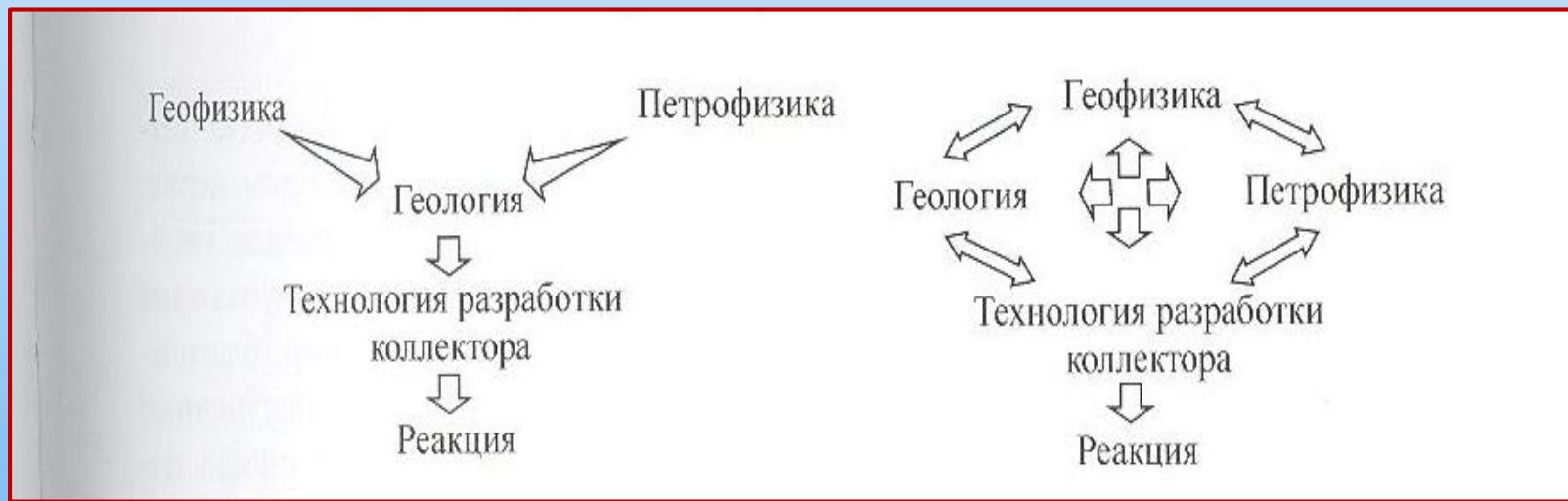


Рис.: Междисциплинарные связи в исследовании продуктивного пласта
традиционными (слева) и комплексными (справа) подходами

С позиции системного подхода специалисты взаимодействуют с друг другом по циклической схеме, когда данные из смежных дисциплин играют ключевую роль при оценке качества работ. В этом случае на первый план выходит понимание общности целей, а специалисты смежных дисциплин определяют частные задачи, которые определяются общими целями.

Изменить ориентиры бывает порой очень сложно, так как руководителю и исполнителям проекта приходится сталкиваться с непривычными вопросами и решать их с иной точки зрения....

Объединение информации

Продуктивный пласт- это сложный объект, который необходимо описывать с различных точек зрения, с учетом большого числа параметров и с необходимой точностью. Помимо внутренней, естественной сложности, приходится иметь дело с неизвестными характеристиками антропогенного характера, такими как трещины, повреждение продуктивного пласта, проблемы цементирования и т.д. Вследствие чего исследования всегда характеризуются некоторой степенью неопределенностью.

Специалисты в сфере нефтяной и газовой геологии в отличии от других специальностей, имеют весьма ограниченный доступ к объектам исследований. Информация, доступная им, является специфичной по трем причинам:

1. **Она по большей части косвенная.** Является бурение с отбором керна, по образцам которого можем замерять свойства, например пористость. Во всех других случаях информация получается *опосредственно* по какому-либо измерению. Затем полученные результаты соотносятся с интересующими параметрами пласта через функции переноса. Например в ходе сейсморазведки измеряется время прохождения сигнала, а затем определяется глубина залегания пласта за счет отношения времени от глубины.
2. **Она основывается на небольшом количестве фактических данных.** За исключением сейсмического и, в меньшей мере ГДИ, вся интерпретируемая информация является результатом очень небольшого объема данных, на основании которых выносятся суждения о характеристиках пласта. Так, например, смачиваемость горной породы измеряется на образцах керна цилиндрической формы в 2.4 см, а затем переносится на весь пласт коллектор. Или результаты исследования шлифов под микроскопом переносятся для определения диагенеза породы. На рис. Сопоставляются обычные источники информации данных о коллекторе и масштабе с поправкой на заданный объект коллектора.
3. **Она разнородна.** Информация собирается различными способами: при изучении керна, в стволе скважины или на поверхности. Количество методик для определения коллекторских свойств весьма велико, от принципа геологических аналогий до осевой томографии небольшой пробы керна в лаборатории.

Ситуация осложняется тем, что одно и то же свойство пласта может быть определено с применением различных методик, которые позволяют получить независимые оценки в различном масштабе.

Объединение информации



Рис. 10: Сравнение методов исследований в зависимости от масштаба

Одной из самых значимых проблем является способность объединить всю эту информацию в общую непротиворечивую модель.* Объединить информацию, получаемую различными специалистами- это значит вывести на первый план различия, понять роль каждого элемента информации и рассмотреть все возможные пути согласования этих данных.

Это позволит выбрать лучший способ представления продуктивного пласта в соответствии с целями исследований.

Объединение информации, возможно, является самой сложной задачей при изучении коллекторских свойств пласта, потому что **единственного верного способа решить эту проблему не существует**.

Верность и точность

Термины верность и точность, применяемые к измерениям в пластовых условиях, в геофизике часто используются как взаимозаменяемые. На самом деле это разные понятия: **верность соотносится с тем, насколько результаты измерения близки к реальности, а точность – к степени чистоты измерения.**

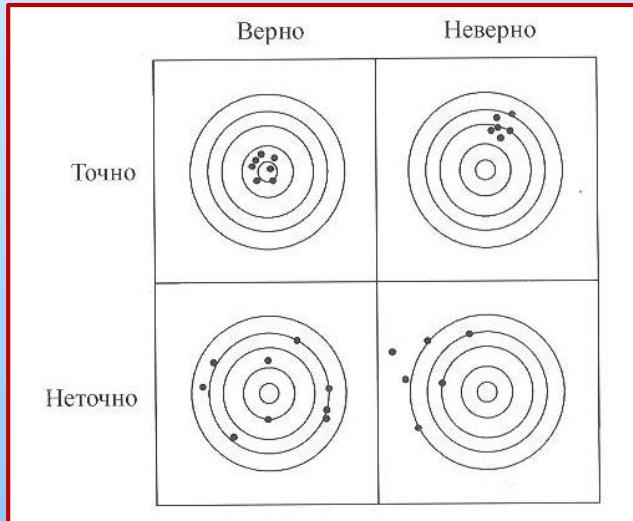


Рис. Верность и точность

Важно учесть все возможные комбинации верности и точности, понять о каких данных идет речь и каковы их характеристики. Пример: давление насыщения может быть измерено **с высокой степенью точности** в лаборатории на образцах керна. Однако, эти исследования могут оказаться **неверными** из-за недостаточной репрезентативности образцов. И, напротив, давление насыщения иногда может быть определено верно (но не точно) по данным, полученным в процессе добычи нефти.

Как правило, применение одного типа данных не позволяет получить лучшие результаты. Зато объединение различных независимых источников данных, соотносимых с определенной степенью верности и точности, может помочь в получении объективных оценок параметров продуктивного пласта.

Сложность и точность



Рис. Циклы усложнения

Новые технологии позволяют с большой степенью детальности решать поставленные задачи. Однако такие детали не всегда легко включить в модель, а иногда оказываются незначительными. С этих позиций:

- Увеличение уровня сложности не обязательно ведет к повышению достоверности конечных результатов.
- Рост достоверности не гарантирует соответствия результатов целям исследований.

При комплексировании важно удостовериться, что не происходит траты человеческих и материальных ресурсов на выявление деталей, которые мало что дают исследованию, а только усложняют его.

Так, исходная интерпретация разломов на одном из североафриканских месторождений по данным сейсморазведки 3D была скорректирована (рис. Слева) за счет учета азимутов и углов падения, амплитуд и куба когерентности (рис. справа.) В итоге были построены разломы амплитудой менее 7.5м и выделены зоны трещиноватости.

Однако такой уровень детализации едва ли может быть сохранен при гидродинамическом моделировании на

Сложность и точность

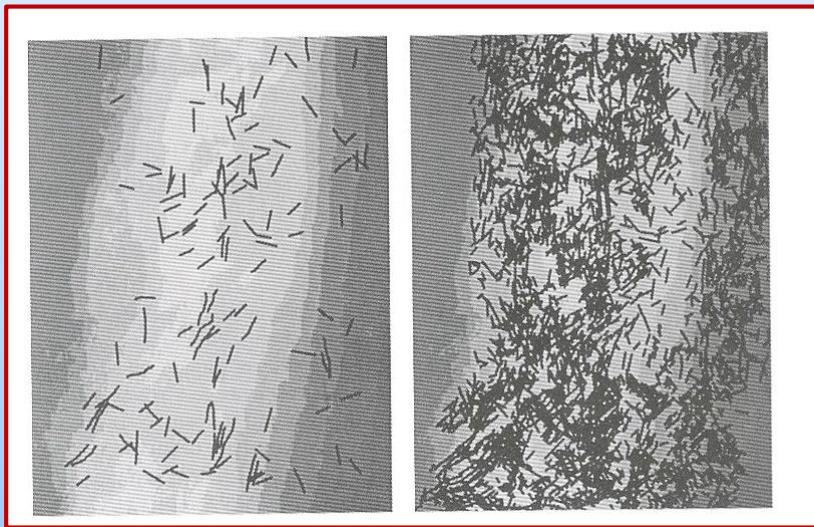


Рис. Распределение нарушений в пласте одного из североафриканских месторождений:
исходная (слева) и переинтерпретированная (справа)

доступном техническом уровне. Поскольку размер одной ячейки гидродинамической модели, чем большинство из этих неоднородностей.

Другой аспект проблемы детализации – нерациональное использование новых технологий. Нередко они применяются в таких областях, которые незначительно влияют на отдачу продуктивного пласта.

Интегрируя вышеизложенное при проведении комплексного исследования необходимо:

- ❖ Определить наиболее значимые особенности месторождения, что позволит определить какие человеческие и технические ресурсы необходимы для реализации проекта (рис.).
- ❖ Определить иерархию критически значимых объектов, т.е. выявить те детали которые не оказывают значительного влияния на конечные результаты.
- ❖ Установить степень детальности основных этапов изучения пласта с учетом ограничений данного проекта (финансовые, технические, временные).

Другие проблемы интеграции

❖ **Объединение различных отраслевых специалистов.**

Разница происхождения, культурные и языковые различия осложняют процессы коммуникации в группах. Стремление специалистов использовать привычные методы, успешно применяющиеся ими ранее.

❖ **Не знание специфики работы других специалистов из смежных областей.**

Такое отношение, к сожалению, свойственны многим специалистам. Работать самостоятельно гораздо легче, чем взаимодействовать с другими членами команды, которые могут сомневаться в эффективности выбранной методики.

❖ **Физическая удаленность друг от друга различных составляющих группы.**

Отсутствие взаимодействия, а следовательно и интеграции.* Современные коммуникационные технологии, международные компьютерные сети, видеоконференции и виртуальные рабочие группы позволяют только минимизировать риски, но не решают проблемы

❖ **Особенности баз данных используемых различными группами специалистов.**

❖ **Ограничение совместимости используемого программного обеспечения.**

Роль руководителя проекта

Цель руководителя проекта – успешно реализовать задачи исследований в установленные сроки и в рамках выделенного бюджета. Конкретно в его функциональные обязанности должны входить:

- ✓ Определение общих целей проекта, выделение тех стадий работы, которые необходимы для достижения целей проекта..
- ✓ Распределение людских и технических ресурсов в соответствии с выделенными приоритетами.
- ✓ Гарантировать корректное объединение различных источников информации.
- ✓ Удостовериться, что в рамках каждой из дисциплин применяется соответствующий уровень технологий с тем, чтобы избежать использование дорогих методик, требующих значительных временных затрат для решения второстепенных задач.
- ✓ Удостовериться, что такие факторы, как проблемы во взаимодействии между членами группы, расстояние и ограниченная совместимость различных программных средств оказывают минимальное воздействие на реализацию проекта.

Вопросы по закреплению содержания лекции 2

- Иерархия природных геосистем. Уровни иерархии.
- Схема образования элементарного осадочного тела (ЭТ), ассоциации осадочных тел (АТ). Стационарные и случайные факторы.
- Схема образования комплексов осадочных тел (КТ) и формаций (Ф). Внешние стационарные факторы - вариации тектонических, палеогеографических и климатических условий. Внешние случайные факторы (вулканическая деятельность, селевые потоки и т.п.).
- Литолого-генетическая и нефтегазовая ветви иерархии системных исследований: цель и решаемые геологические задачи.
- Цели системно-структурного и системно-исторического анализов осадочного бассейна. Правила применения системного анализа
- Схематическое представление уровней иерархического строения линзы терригенного коллектора как системы. Место геологического объекта в структуре системного анализа.
- Практические примеры применения системного анализа. Уровни структурной организации геологической системы: I. Ультрамикроуровень. II. Микроуровень. III. Мезоуровень IV. Макроуровень V. Метауровень VI. Мегауровень.
- Практические примеры применения системного анализа. Модель жизненного цикла ГТК как системы.
- Практические примеры применения системного анализа. Построение «лестницы оснований».
- Междисциплинарные связи в исследовании продуктивного пласта традиционными (слева) и комплексными (справа) подходами.
- Объединение информации. Сравнение методов исследований в зависимости от масштаба
- Верность и точность. Сложность и точность Циклы усложнения
- Проблемы интеграции отраслевых специалистов.

Список литературы

- Косентино Л. Системные подходы к изучению пластов. Перевод с английского И. Ю. Облачко. Научная редакция Д. А. Антоненко, В. М. Яценко. 2007.
- Дмитриевский А.Н. Избранные труды. Том 1. Системный подход в геологии. Теоретические и прикладные аспекты- Наука, Москва, 2008, 454 с
- Клименко И.С. Теория систем и системный анализ: учебное пособие / Клименко И.С. — Москва: Российский новый университет, 2014. — 264 с. — ISBN 978-5-89789-093- 4.
- Яковлев С.В. Теория систем и системный анализ: учебное пособие. Лабораторный практикум / Яковлев С.В. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 178 с. — ISBN 978-509296-0720-2.
- Масленников В.В., Ремизов В.В. Системный геофизический контроль разработки крупных газовых месторождений. М., Недра, 1993, 223 с.

♂
□ □ □ □ □ □ := □ □ = □ □ □ □ □ □ □ >

q Ü ~åâ=óçì=Ñçê=~ííÉåíáçå>

□ □ □ □ □ □ □ □ □ **1** □ **’** □ = □ □ □ □ □ >