

Лекция 11. Палеогидрогеология

Гидрогеологические исследования на месторождениях углеводородного сырья

Тілеуберді Нұрбол,
Ассоц. профессор кафедры ГИИНГГ
e-mail: n.tileuberdi@satbayev.university

Палеогидрогеология:

- Теоретические основы палеогидрогеологических исследований
- Палеогидрогеодинамика
- Палеогидрогеохимия
- Палеогидрогеотермия
- Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

Теоретические основы палеогидрогеологических исследований

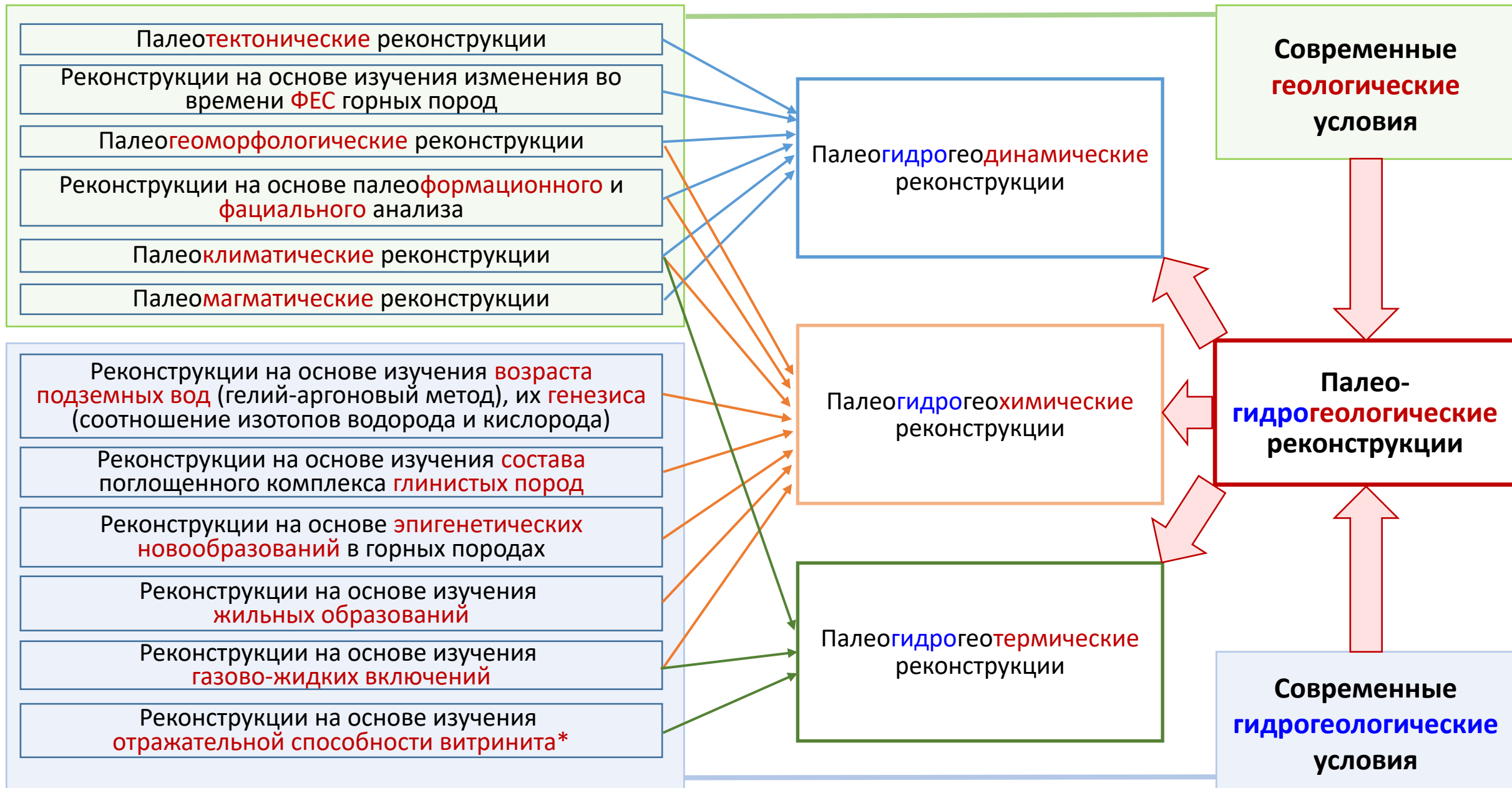
Палеогидрогеология — отрасль геологических знаний, изучающих древние гидрогеологические условия и их развитие в течение геологического времени

Задачи палеогидрогеологии:

- Реконструкция гидрогеологических условий минувших геологических эпох
- Изучение геологической деятельности литосферных вод
- Выявление роли литосферных вод в формировании, сохранении и разрушении различных полезных ископаемых

Воссоздание условий (гидрогеодинамических, гидрогеохимических и гидрогеотермических), при которых происходили процессы **нефтегазообразования** **нефтегазонакопления** и **нефтегазоразрушения**

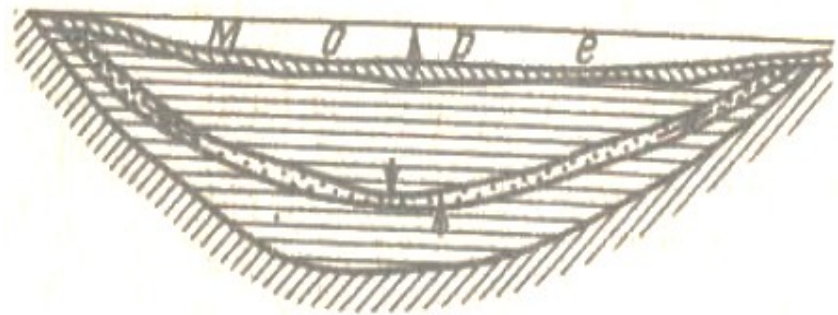
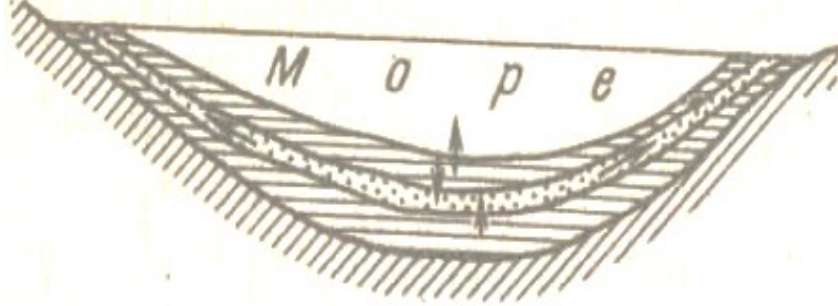
Схема взаимосвязи историко-геологических и гидрогеологических данных при палеогидрогеологических реконструкциях



Гидрогеологический цикл

Гидрогеологический цикл – период гидрогеологической истории водоносного комплекса или района, охватывающий элизионный и инфильтрационный этапы его развития:

Элизионный этап



Инфильтрационный этап



Элизионный (седиментационный) этап гидрогеологического цикла: это отрезок гидрогеологической истории, начинающийся с осадконакопления и формирования пластовых вод в условиях **уплотнения** вмещающих и перекрывающих пород.

Элизионный этап заканчивается с подъемом территории, регрессией и началом денудации пород

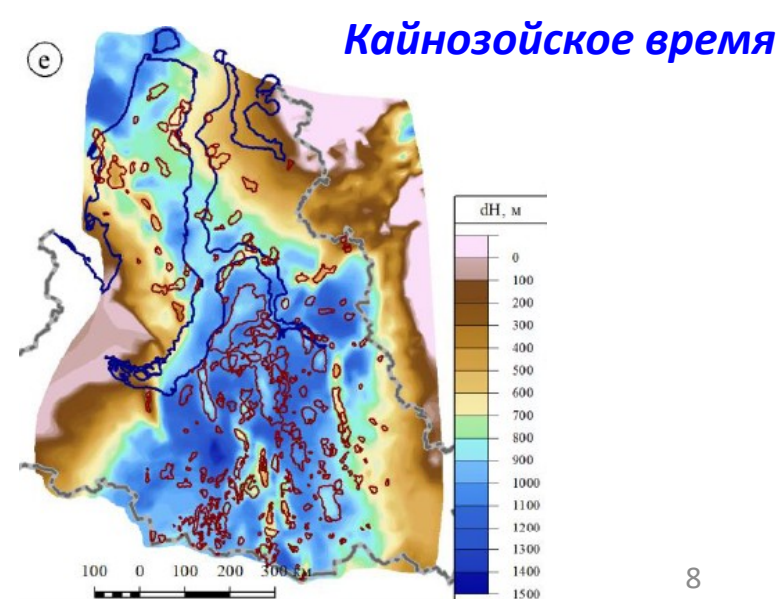
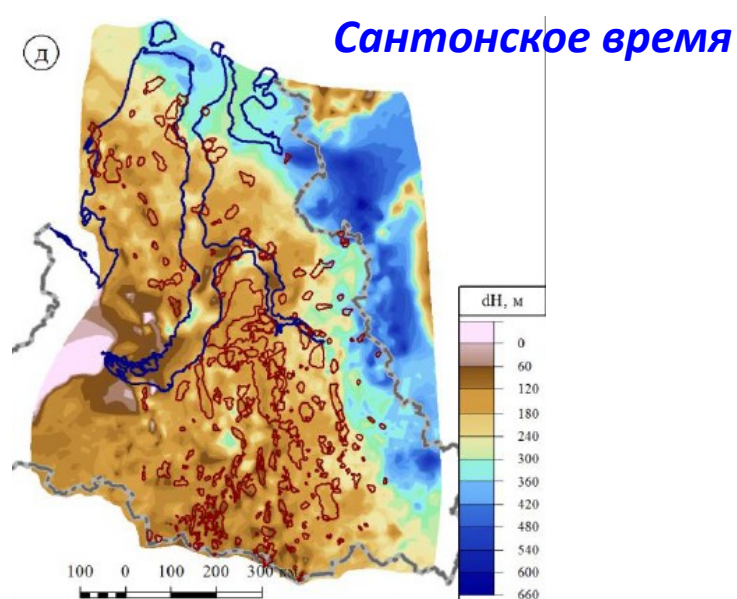
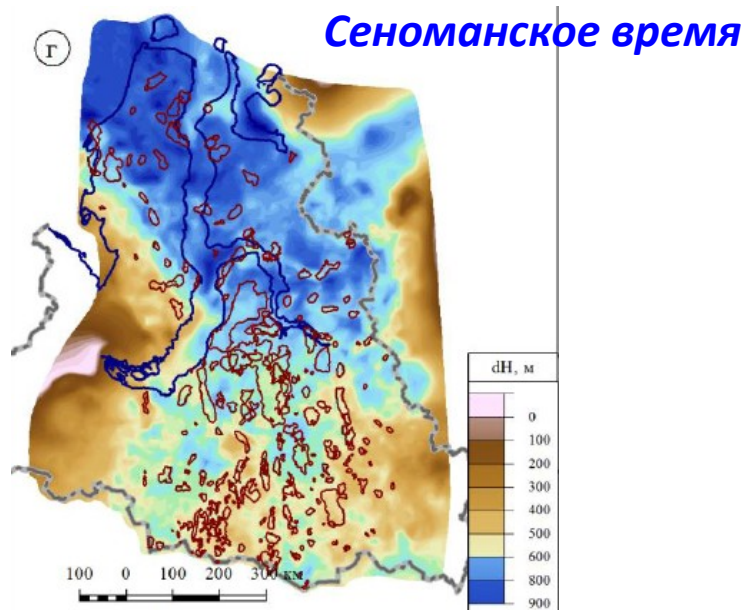
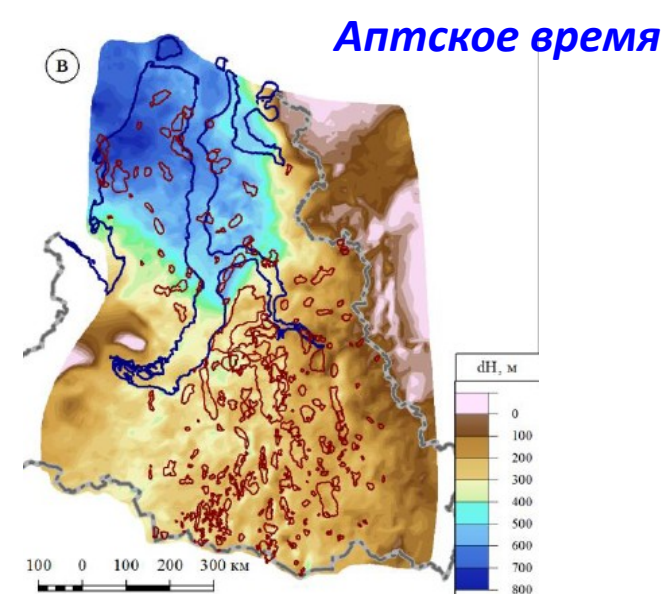
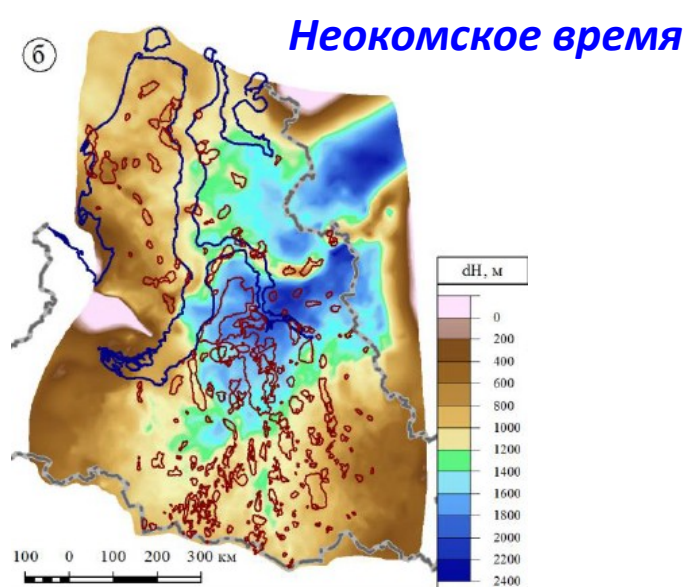
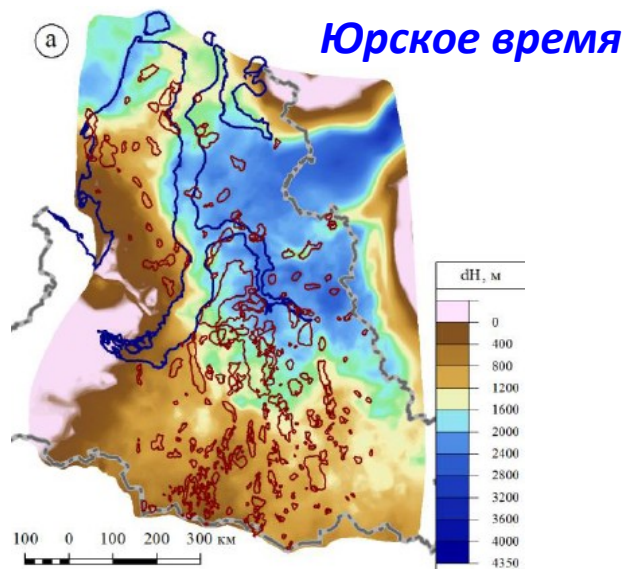
Инфильтрационный этап гидрогеологического цикла: отрезок гидрогеологической истории водоносного комплекса, на котором вследствие инверсии тектонических движений возникают условия, способствующие проникновению в него атмосферных и поверхностных вод

Палеогидрогеодинамика

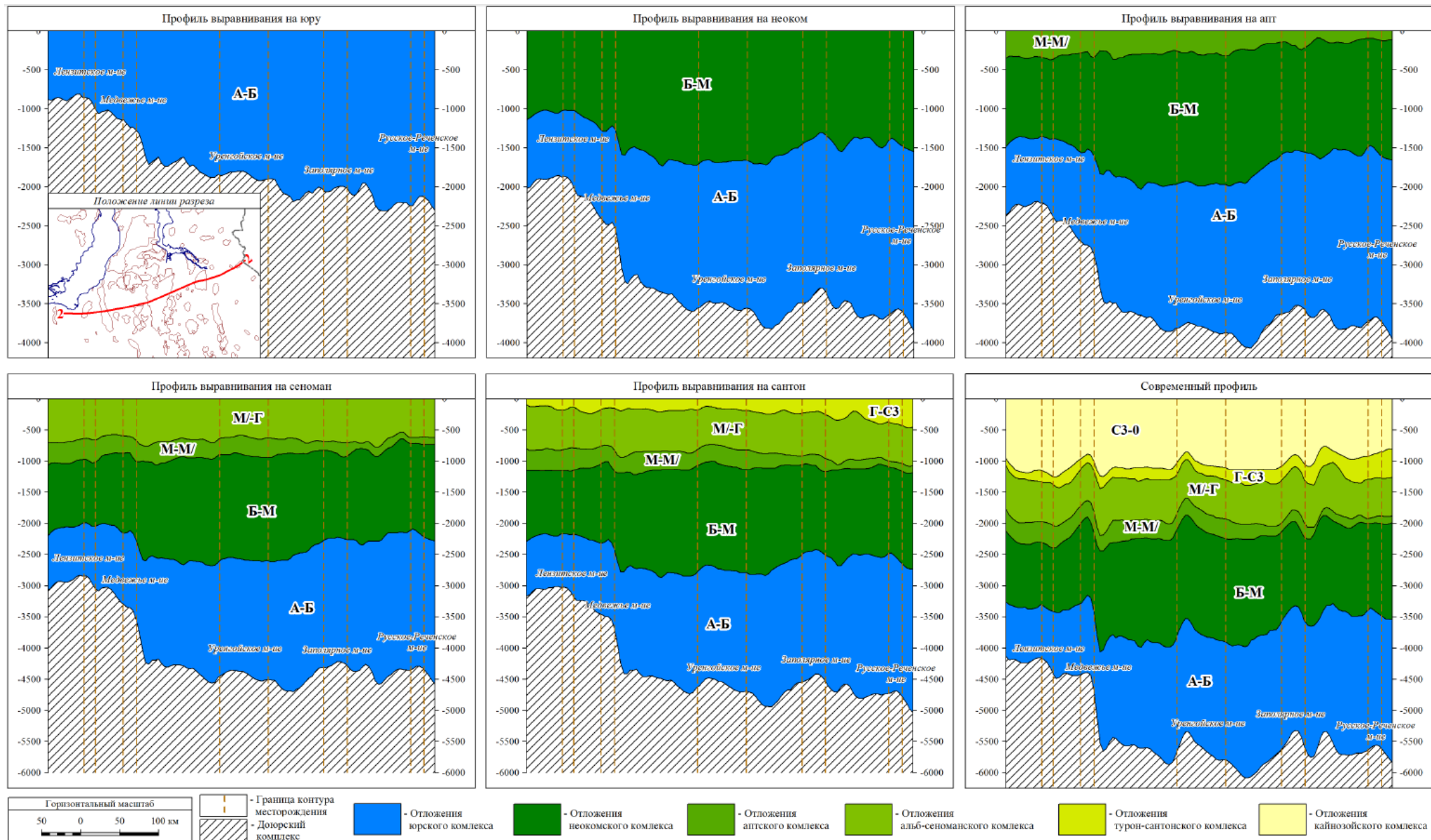
Гидрогеодинамические условия в водоносных комплексах на элизионных и инфильтрационных этапах **различны**:

- на **элизионных этапах** движение вод зависит в первую очередь от **градиентов геостатического давления** и **упругой деформации флюидов** в разных точках пласта
- на **инфильтрационных этапах** — от **разности градиентов гидростатического давления**, создаваемого в области питания и зоне разгрузки
- **Методика построения** простейших **палеогидрогеодинамических схем** основана на **анализе распределения мощностей осадков**:
- Для характеристики каждого последующего элизионного этапа **строится карта мощностей покрывающих отложений**
- Предполагается, что **градиенты напоров перпендикулярны к изолиниям мощностей** и направлены от зон максимального прогибания к зонам с минимальными мощностями осадков
- Серия таких карт дает возможность судить о **последовательном изменении условий миграции флюидов** (в том числе и **УВ**) в водоносном комплексе во времени

Сопоставление **палеотектонических карт** северной части Западно-Сибирской плиты на окончание юрского (а), неокомского (б), аптского (в), сеноманского (г), сантонского (д) и кайнозойского (е) времени



Палеотектонический профиль по линии Лензитского, Медвежьего, Уренгойского, Заполярного и Русско-Реченского месторождений



Схемы градиентов тектонических напряжений для юрского (а), неокомского (б), аптского (в), альб-сеноманского (г), турон-сантонского (д) и кайнозойского (е) осадочного комплекса

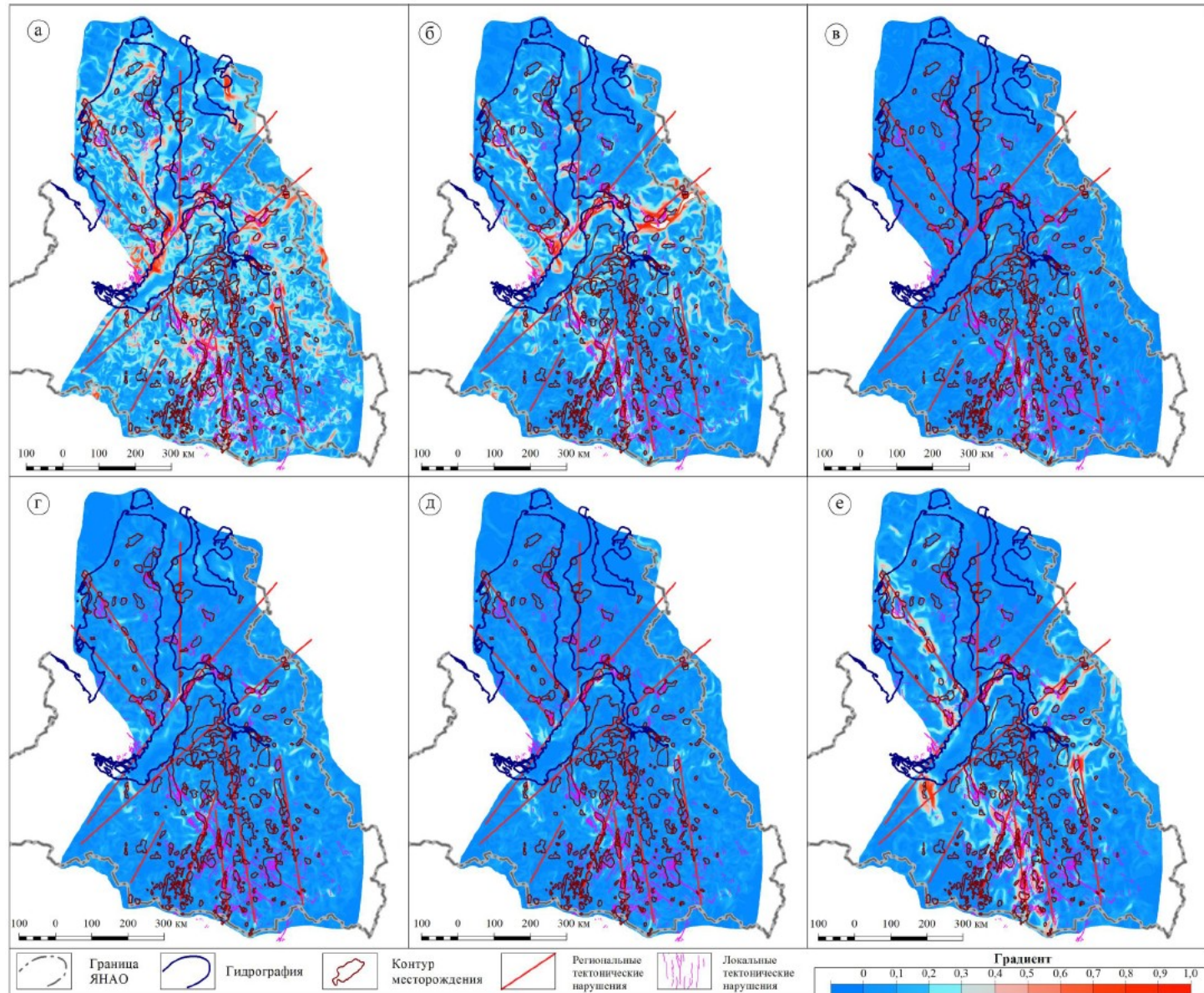
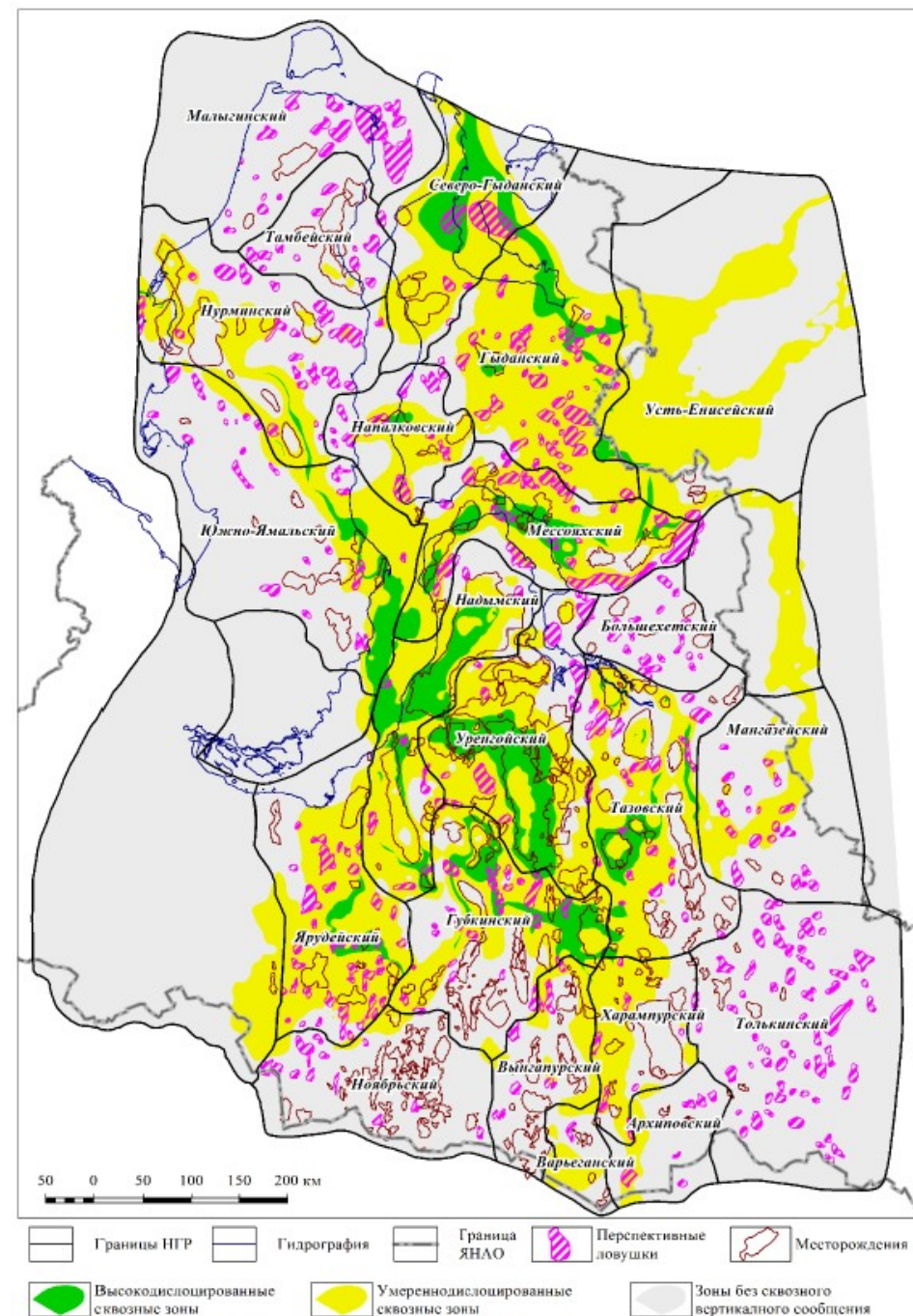


Схема расположения перспективных нефтегазоносных структур нанесенных поверх схемы сквозной тектонической дислоцированности осадочного чехла

Представляется возможным установить взаимосвязь между нефтегазоносностью и степенью тектонической дислоцированности отложений осадочного чехла и выявить зоны, в пределах которых наиболее интенсивно протекали процессы флюидомиграции и которые наиболее предпочтительны для аккумуляции углеводородов



Палеогидрогеодинамика

При палеогидрогеологических реконструкциях существенное значение имеет определение **интенсивности водообмена** на элизионных и инфильтрационных этапах гидрогеологической истории:

- На **элизионном этапе** гидрогеологической истории показатель интенсивности элизионного водообмена (ПИЭВ) определяют по формуле

$$\text{ПИЭВ} = V_r \Delta m_r / (V_n m_n)$$

V_r — первоначальный объем глин данного водоносного комплекса (произведение площади распространения глинистой толщи на ее мощность)

Δm_r — величина изменения пористости глин в течение данного этапа

V_n — объем песчаных коллекторов данного водоносного комплекса

m_n — пористость песчаников (с учетом изменения во времени)

- Для определения показателя интенсивности **инфильтрационного водообмена** (ПИИВ) используется формула

$$\text{ПИИВ} = F u \tau_i / (V_n m_n)$$

F — поперечное сечение древнего потока литосферных вод

u — скорость этого потока

τ_i — длительность инфильтрационного этапа (по данным абсолютной геохронологии)

Палеогидрогеодинамика

- Важное значение при палеогидрогеологических реконструкциях имеет определение интенсивности разгрузки пластовых вод в течение геологического времени
- Разгрузка пластовых вод осуществляется и на элизионных, и на инфильтрационных этапах гидрогеологической истории бассейна
- Специальные исследования позволяют проводить периодизацию разгрузки литосферных вод, выделяя гидрогеодинамические циклы
- Каждый цикл можно подразделить на этапы активизации разгрузки и этапы ее затухания

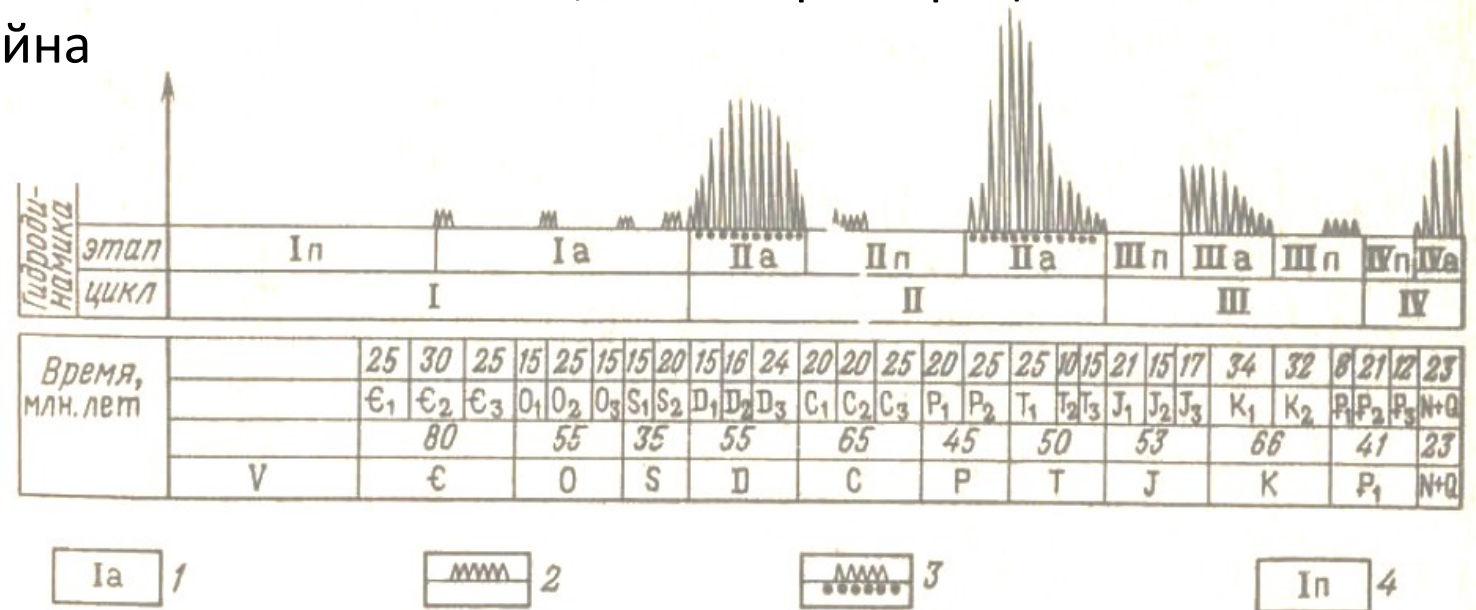


Схема гидрогеодинамической цикличности развития Сибирской платформы

Этапы:

- 1 — гидрогеодинамической активизации
- 2 — тектоно-гидродинамический
- 3 — тектоно-магмогидродинамический
- 4 — гидрогеодинамическая пауза

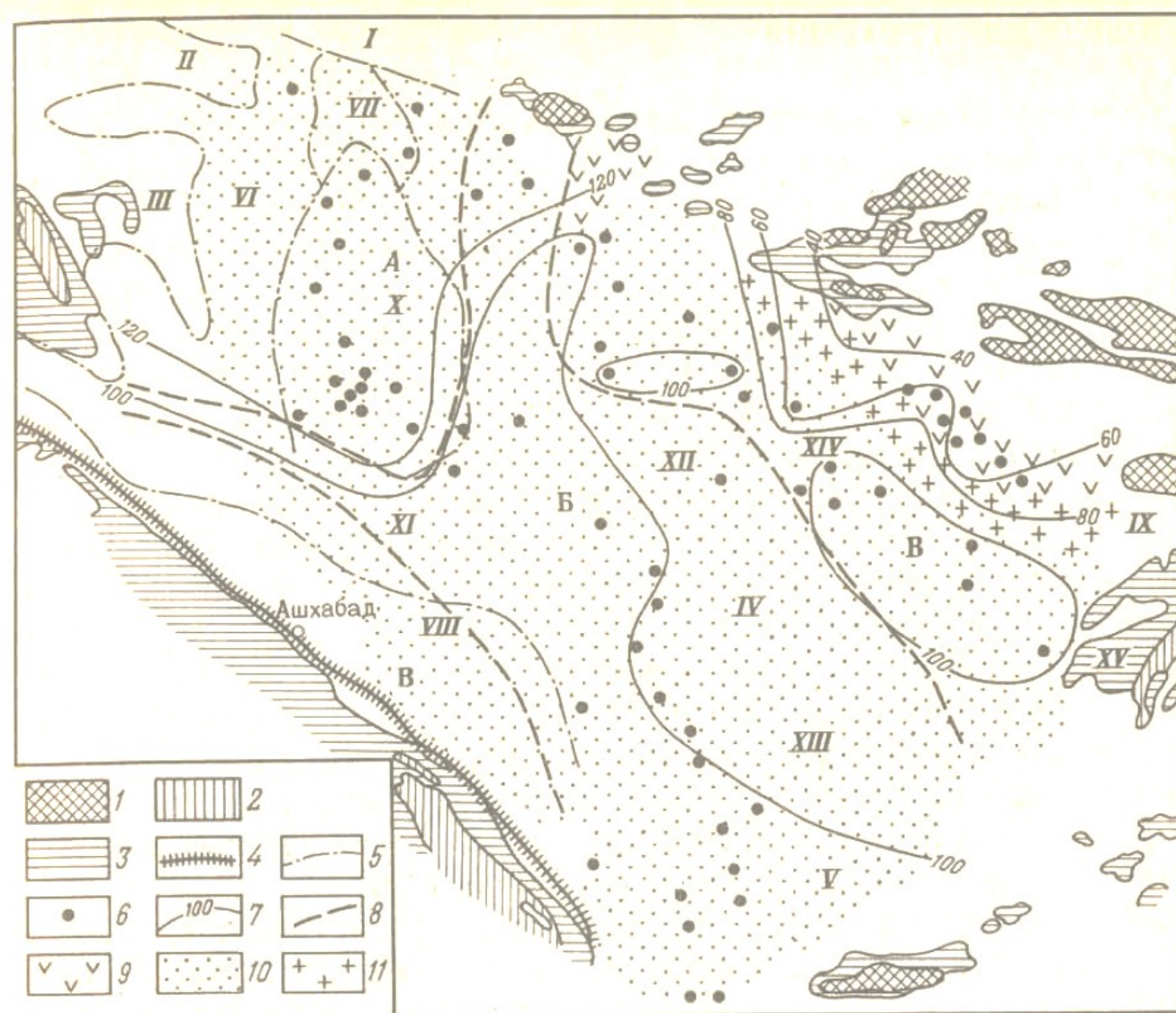
Палеогидрогеохимия

- **Палеогидрогеохимические реконструкции** заключаются в выявлении **первичного состава вод** бассейна осадконакопления, их **минерализации** и последующих изменений в результате элизионных и инфильтрационных водообменов, а также связанных с ними физико-химических процессов
- Сведения о **палеогеографических условиях** позволяют воспроизвести возможные минерализацию и состав литосферных вод
- На основе **палеогеографических** и **литолого-фациальных карт** строятся **палеогеографические схемы**, отражающие условия формирования пластовых вод в различных палеогеографических обстановках. На таких схемах отражаются первоначальные условия формирования водных растворов при седиментогенезе и диагенезе. Дальнейшие изменения в условиях формирования вод могут рассматриваться на основе расчетов показателей элизионного и инфильтрационного водообменов
- Методика восстановления **палеоминерализации** основана на учете группы природных факторов, влияющих на процесс формирования подземных вод.
- К группе основных факторов, обуславливающих **формирование химического состава литосферных водных растворов**, отнесены **литолого-фациальный, палеогеографический, палеоклиматический** факторы

Палеогидрогеохимическая карта неокомского водоносного горизонта Каракумского бассейна на конец элизионного этапа палеогенового гидрогеологического цикла

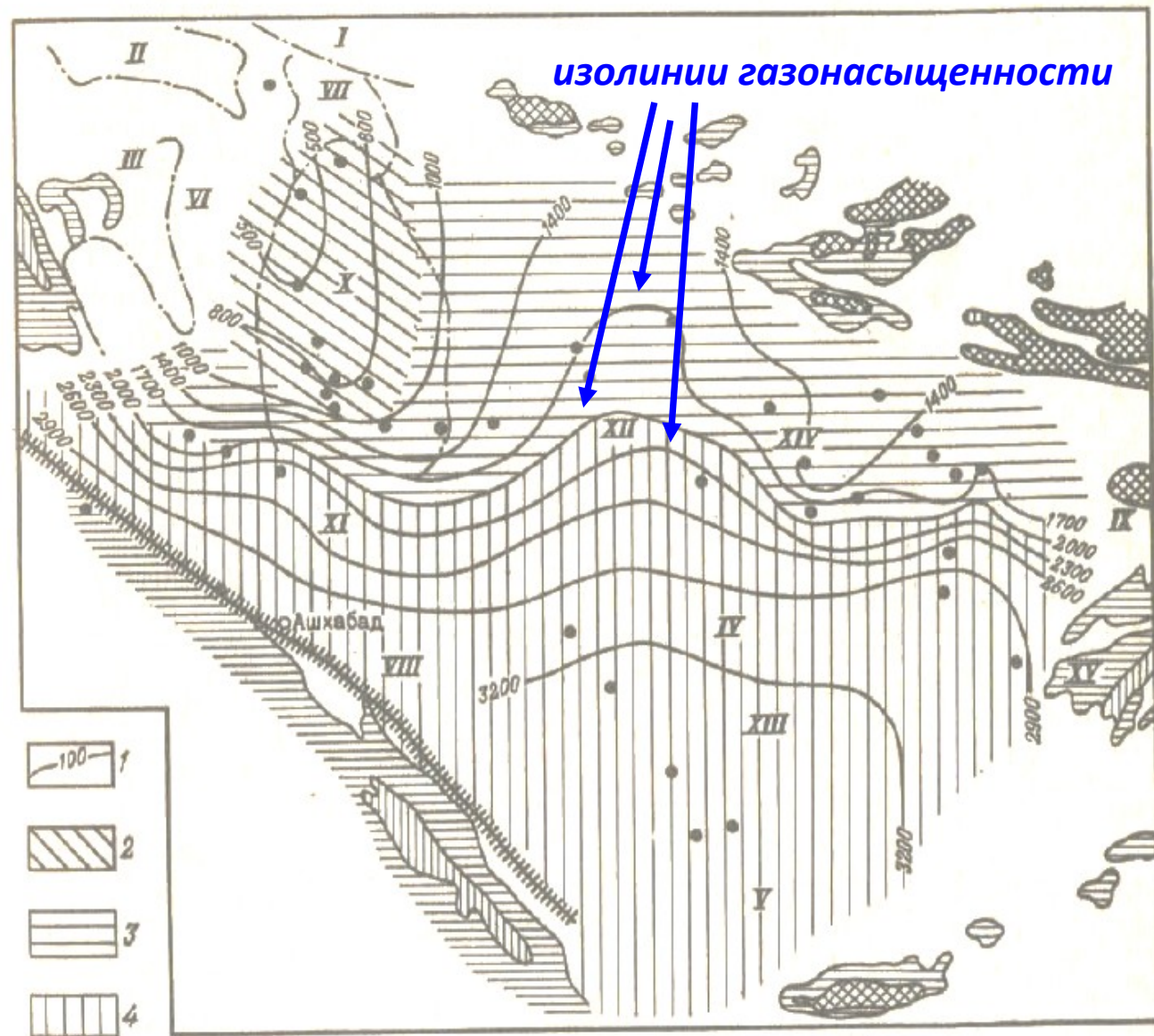
Выходы на поверхность отложений:

1 — доюрских, 2 — юрских, 3 — меловых;
4 — тектоническое нарушение; 5 — границы
структурных элементов; 6 — разведочные
площади; 7 — изоминеры, г/л; 8 — границы
расчетных объемов; зоны распространения
вод разного типа: 9 — гидрокарбонатно-
натриевого, 10 — хлоридно-кальциевого,
11 — хлоридно-магнииевого



Карта палеогазонасыщенности юрского водоносного комплекса Каракумского бассейна к концу элизионного этапа палеогенового гидрогеологического цикла

При палеогидрогеологических реконструкциях, особенно с целью оценки перспектив газоносности бассейна, существенное значение имеет определение **палеогазонасыщенности** литосферных вод



Палеогидрогеотермия

- Процессы формирования химического состава водных растворов во многом определяются **температурным режимом** недр
- Знание геотермических условий, существовавших на отдельных этапах геологической истории района, имеет существенное значение для нефтегазовой геологии, в первую очередь для **выявления зон нефтегазообразования** и **определения направления миграции** флюидов, в том числе УВ
- Существуют различные методы расчета палеотемпературы
- Один из методов учитывает **особенности палеотектонических условий** изучаемых отрезков времени, **изменение мощностей отложений** при уплотнении пород, а также **изменение геотермических градиентов** в зависимости от глубины погружения стратиграфических комплексов
- Для нефтегазовой геологии важное значение имеют **данные о максимальных температурах**, существовавших на различных этапах развития изучаемого комплекса, позволяющие судить **о степени преобразования ОВ и фазовом состоянии УВ**

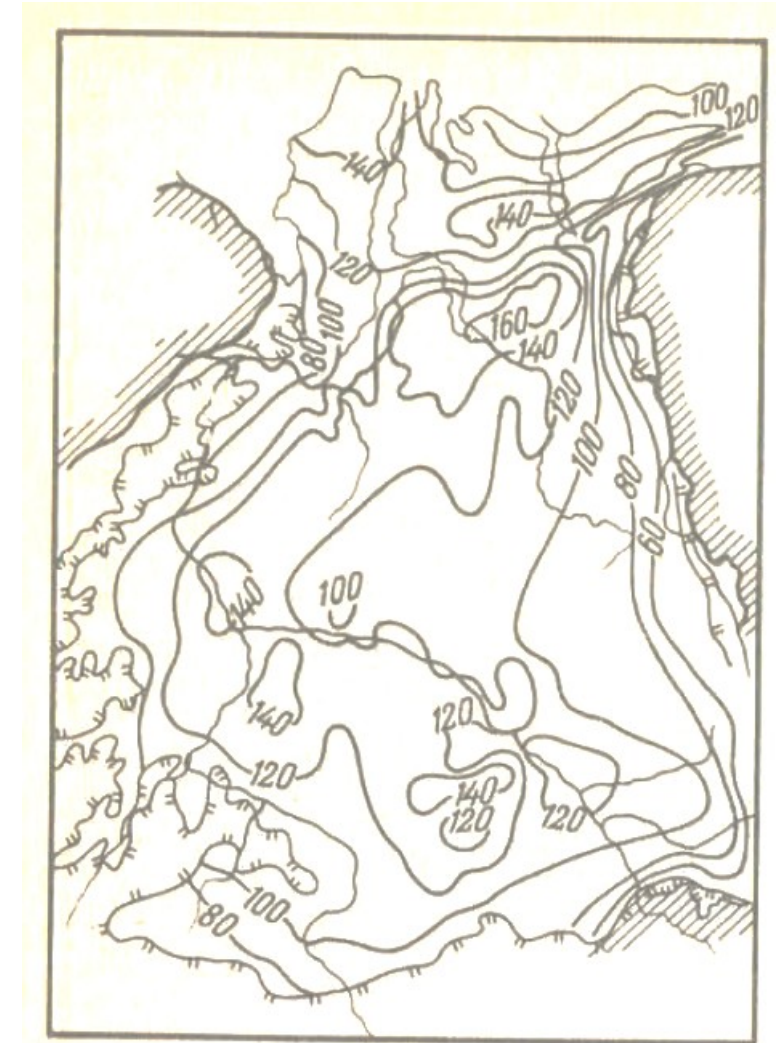
Палеогидрогеотермия

Пример реконструкции поля максимальных температур:

Для ряда нефтегазовопродуктивных комплексов Западно-Сибирского бассейна реконструкция основана на учете данных по современным температурам и степени охлаждения пород в результате влияния следующих факторов:

- регионального уменьшения плотности теплового потока в геологической истории бассейна
- изменения климатических условий в олигоцен-раннечетвертичное время
- воздымания и размыва части ранее накопленных осадков на севере бассейна
- резкого похолодания климата в позднечетвертичное время

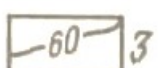
Учитывая степень влияния каждого фактора, а также современные геотермические условия, составлены карты **максимальных палеотемператур**



границы
3-С плиты



границы
отложений



изотермы
18

Палеогидрогеотермия

Различные другие методы определения палеотемператур:

- На основе выявления закономерностей распределения температуры в разновозрастных регионах, рассматриваемых на фоне особенностей геологического развития
- На основе состава газово-жидких включений. Сведения об их составе позволяют судить о температуре и минерализации водных растворов
- На основе зависимости отражающей способности витринита от температуры
- На основе определения температуры древних водных растворов по составу травертинов

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

- На **элизионных этапах** гидрогеологической истории в природных водонапорных системах геостатического типа под действием неравномерного прогибания и уплотнения осадков **движение флюидов происходит с относительно небольшими скоростями при низкой окисляющей активности литосферных вод**
- Компрессия осадков, сопровождающаяся элизионным водообменом, обуславливает **эмиграцию УВ из нефтегазопроизводящих толщ и поступление их в коллекторы**
- **Восстановительный характер водных растворов** препятствует химической деструкции УВ и способствует **продолжению процессов их генерации**

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

- На **инфильтрационных этапах** в результате инфильтрации атмогенных вод в нефтегазоводоносные толщи в этих толщах происходит **деструкция УВ** или **переформирование залежей** как следствие изменения структурного плана и гидродинамических условий
- Поэтому при сравнительной оценке перспектив нефтегазоносности необходимо учитывать интенсивность водообмена на всех этапах
- Интенсивность элизионного водообмена особенно важно учитывать после времени формирования ловушки
- В этом случае, **чем больше величина ПИЭВ**, тем выше следует оценивать **перспективы нефтегазоносности** изучаемого комплекса
- Необходимо также учитывать абсолютную и относительную длительность инфильтрационных этапов в гидрогеологической истории района или комплекса после образования залежей, а также **показатель интенсивности инфильтрационного водообмена** на этапах, следовавших за временем образования залежей

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

- В качестве ориентировочного **критерия** для сравнения различных районов может служить **коэффициент**, представляющий собой **отношение суммы времени элизионных этапов к сумме времени инфильтрационных этапов** в истории изучаемого комплекса осадков.
- Чем продолжительнее элизионные и более кратковременны инфильтрационные этапы, тем этот **коэффициент больше** по своему числовому значению, а следовательно, и **более благоприятны** (при прочих равных факторах) **условия для формирования и консервации залежей нефти и газа**

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

- При оценке перспектив нефтегазоносности существенное значение имеет **определение масштабов разгрузки вод** во времени
- Это позволяет судить о гидрогеологической **раскрытости недр**, возможной **утечке УВ** из нефтегазоводоносных комплексов, о **переформировании залежей**, а также о **степени сохранности залежей нефти и газа** на различных этапах гидрогеологической истории

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

- Палеогидрогеодинамические реконструкции на элизионных этапах гидрогеологической истории позволяют воссоздавать пространственное положение **зон генерации и аккумуляции нефти и газов**
- При этом в осадочном бассейне **области прогибания и накопления осадков** (палеопьезомаксимумы) рассматриваются как зоны **нефтегазообразования**, в которых происходит генерация УВ, а **области относительных поднятий**, где давление ниже и куда вследствие этого направлено движение флюидов (палеопьезоминимумы), относятся к зонам **нефтегазонакопления**
- **Воссоздание гидрогеодинамических условий** для каждого этапа развития комплекса на основе периодизации гидрогеологической истории позволяет установить **унаследованность пространственного положения зон нефтегазообразования и нефтегазонакопления** или определить их смещение в плане и во времени

Палеогидрогеологические исследования при поисках залежей углеводородов

Палеогидрогеологические реконструкции, являясь составной частью комплекса геологических и гидрогеологических исследований осадочных бассейнов, дают **возможность сравнительной оценки перспектив нефтегазоносности** отдельных частей изучаемой территории (акватории).

По анализу развития палеоструктурного плана представляется возможным реконструировать изменение палеогидрогеодинамических условий, а в пределах распространения пластов-коллекторов – выделить территории различной степени перспективности

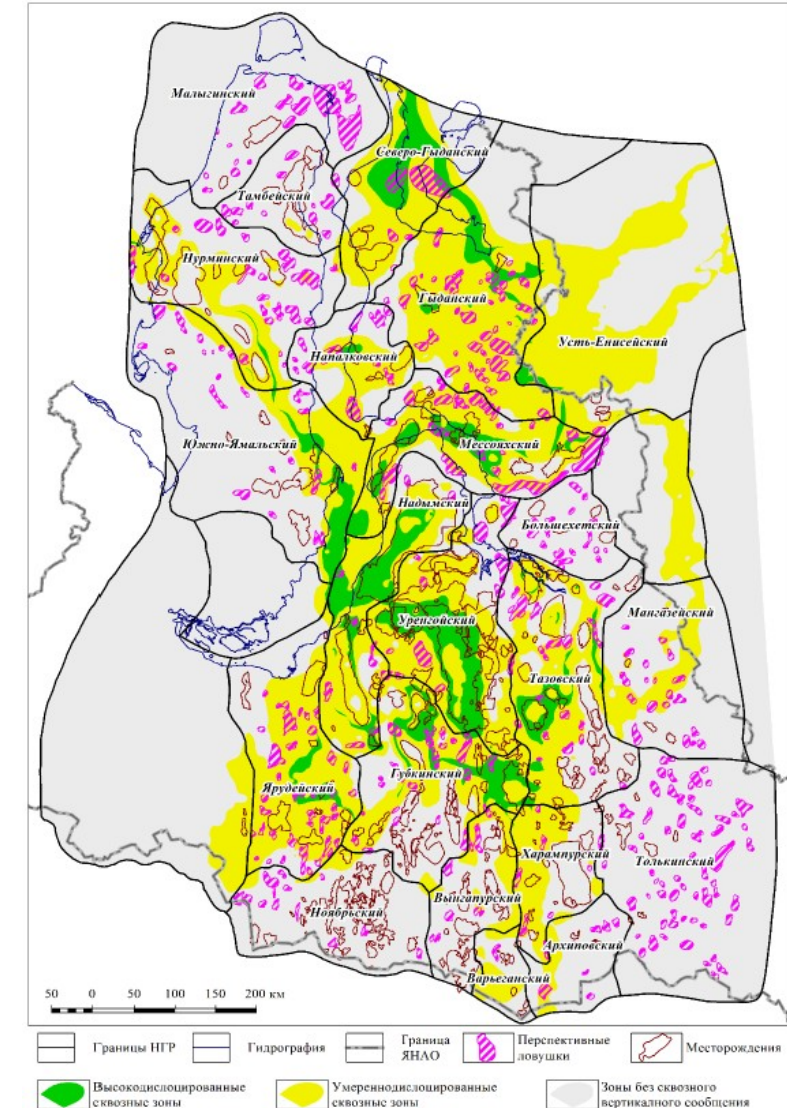


Схема палеогидрогеологических реконструкций при поисках залежей УВ

Основные этапы исследований	Выявление условий формирования и сохранения залежей нефти и газа	Качественная оценка перспектив нефтегазоносности	Количественная оценка перспектив нефтегазоносности
Периодизация гидрогеологической истории	Определение гидрогеологических циклов , длительности элизионных и инфильтрационных этапов	Определение соотношения продолжительности элизионных и инфильтрационных этапов гедрогеологических циклов	-
Палеогидрогео-динамические реконструкции	Выделение типов природных водонапорных систем и анализ их развития в осадочном бассейне	Выделение палеопьезомаксимумов и палеопьезоминимумов на элизионных этапах. Восстановление условий миграции флюидов на Э и И этапах. Оценка масштабов разгрузки вод	Расчет ПИЭВ, ПИИВ
Палеогидрогео-химические реконструкции	Определение изменения минерализации, состава вод, водорастворенных газов и т.д.	Определение соотношения седиментогенных и инфильтрационных вод в водоносных комплексах	Определение содержания в водах УВ и окислителей
Палеогидрогео-термические реконструкции	Определение изменения температуры, геотермического градиента и т.д.	Прогнозирование фазового состояния УВ	-
Обобщение палеогидро-геологических данных и выводы	-	Соотношение зон нефтегазообразования и нефтегазонакопления (во времени и пространстве). Оценка перспектив нефтегазоносности , выделение территорий различной степени перспективности. Рекомендации объектов для поисково-разведочных работ	Расчет балансов нефтегазообразования и нефтегазоразрушения

The background image shows an oil field with several pumpjacks (jackalopes) in silhouette against a bright sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a strong lens flare effect. The pumpjacks are arranged in a row, receding into the distance. The ground appears to be a flat, open field.

Спасибо за внимание!