



Геомодель

2024 Санкт-Петербург



Геонауки: современные вызовы и пути решений
11-я международная конференция

8-11 апреля 2024 года | Санкт-Петербург, Россия

www.geomodel.ru

Обоснование альтернативной геологической модели залежей углеводородов среднеюрских отложений Западной Сибири на базе седиментационного анализа в условиях аномально-высоких пластовых давлений

В.Н. Бородкин,
Тюменский индустриальный университет
О.А. Смирнов,
ООО «ИНГЕОСЕРВИС»
А.В. Лукашов,
ООО «ИНГЕОСЕРВИС»
В.В. Шиманский,
Санкт-Петербургский филиал ВНИГНИ

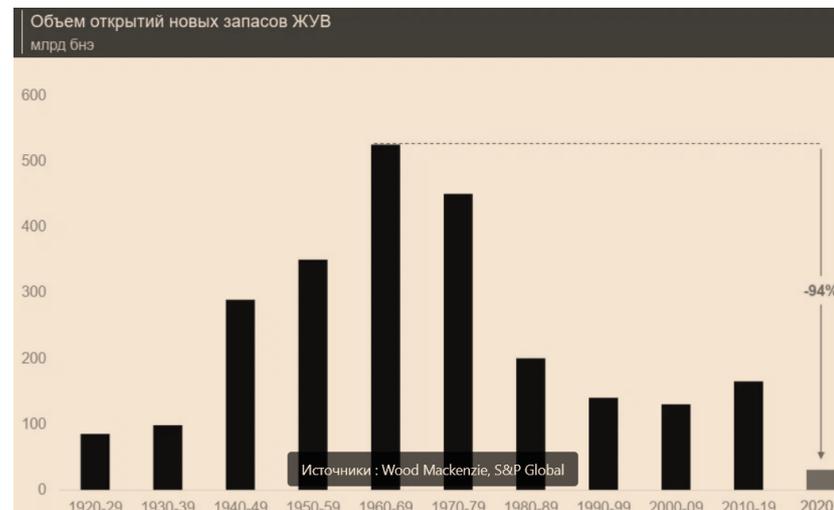
В России

- В среднесрочной перспективе сокращение добычи УВ
«Ожидается сокращение добычи газа на треть к 2040г с 672 млрд.м³ до 460 млрд.м³». Глава Минэнерго Н. Шульгинов
- Ухудшение качества запасов, как следствие, повышение себестоимости добычи
«Если Россия к 2040 году взамен легкоизвлекаемых участков в ЯНО не разработает новые месторождения, то фактически будет вынуждена сократить добычу газа на треть», — Независимый топливный союз, Д. Гусев
- Неподтверждаемость запасов вследствие усложнения геологических моделей
«За период 2015-2019 гг. с Государственного баланса списали 2 278,3 млн тонн неподтвержденных запасов нефти и конденсата (примерно пять годовых объемов добычи) и 9 271,5 млрд куб. м газа (более девяти годовых объемов добычи или 30% от запасов Газпрома по классификации PRMS)». Данные Счетной палаты РФ.
- Изменение в структуре запасов в сторону увеличения доли трудноизвлекаемых, уменьшения размеров, плотности и качества запасов

Для того, чтобы сохранить текущие уровни добычи, необходимо расширять спектр геологоразведочных работ и стимулировать отечественное технологическое развитие, внедрение эффективных технологий в производство

В мире

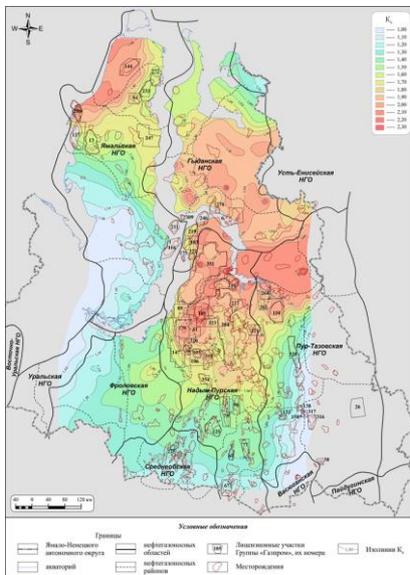
График восполняемости запасов в мире
(источники: Wood Mackenzie, S&P Global)



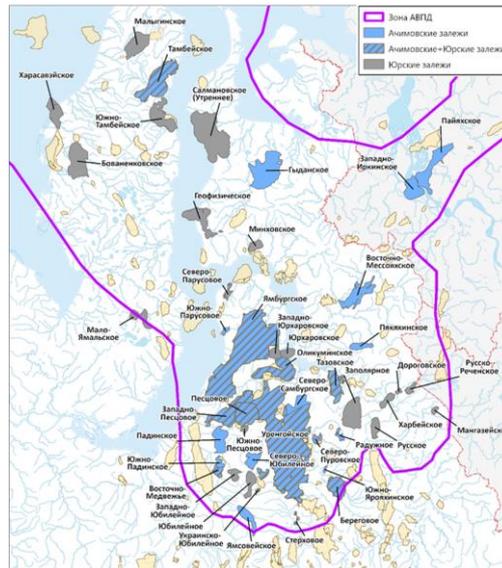
В мире средняя обеспеченность доказанными мировыми запасами сократилась вдвое – с 50 до 25 лет (Goldman Sachs).

По данным Wood Mackenzie, S&P Global объем открытий новых запасов УВ уменьшился на 94%, средний размер открываемых месторождений в мире составляет, примерно, 15 млн т н.э.

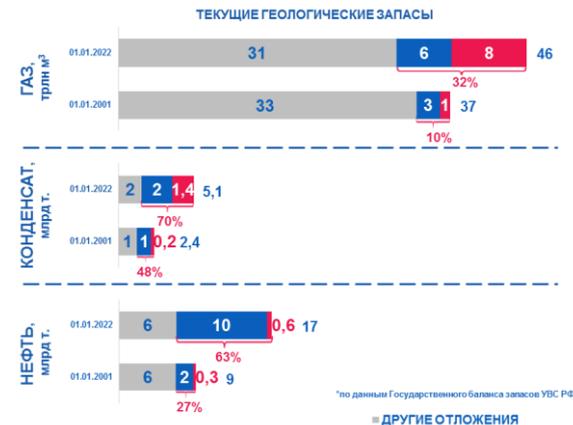
Схема изменения коэффициента аномальности
пластового давления в кровле тюменской свиты и ее
аналогов по территории ЯНОО (ООО
«ТюменНИИгипрогаз», 2017 г.)



Месторождения с установленной
продуктивностью ачимовского и юрского
комплексов в зоне развития АВПД



Структура запасов УВС севера Западной Сибири в зоне АВПД*

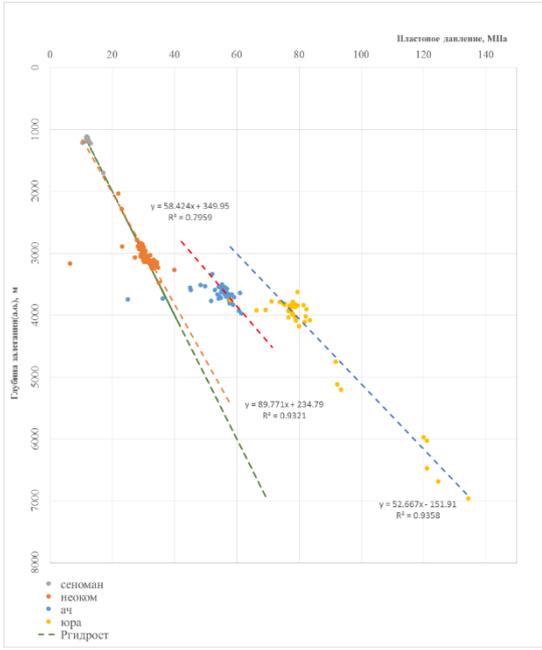


Проблема изучения залежей УВ от поиска до
подготовки к разработке

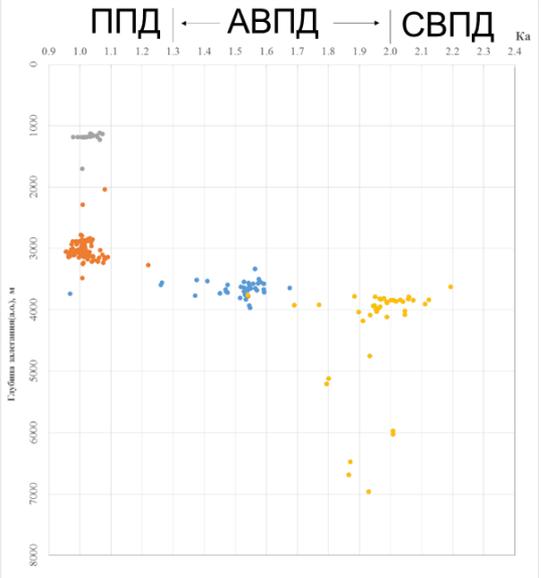
- Отсутствие петрофизической основы интерпретации ГИС
- Отсутствие типизации залежей УВ и их идентификация
- Отсутствие единого подхода при обосновании подсчетных параметров
- Отсутствие единых рекомендаций для подсчета запасов
- Отсутствие обоснованных принципов оконтуривания границ залежей
- Отсутствие методики подготовки месторождения к разработке

Пластовое давление

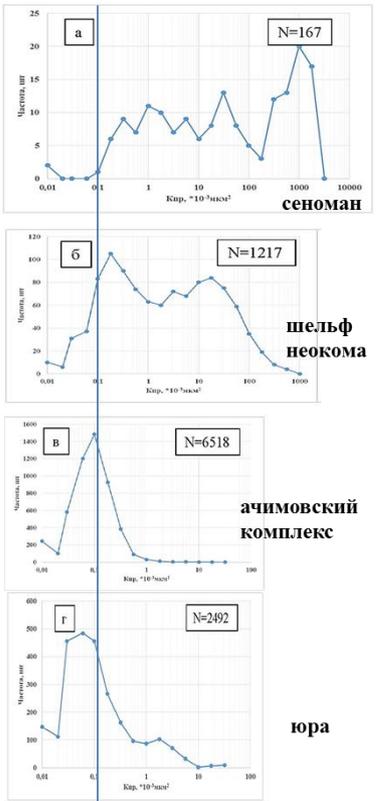
Изменение пластового давления от глубины



Изменение коэффициента аномальности пластового давления от глубины



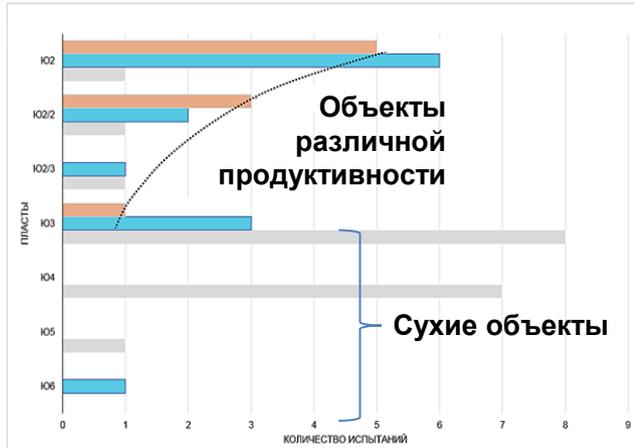
Распределения Кпр для сеноманских (а), неокомских (б), ачимовских (в) и юрских (г) отложений



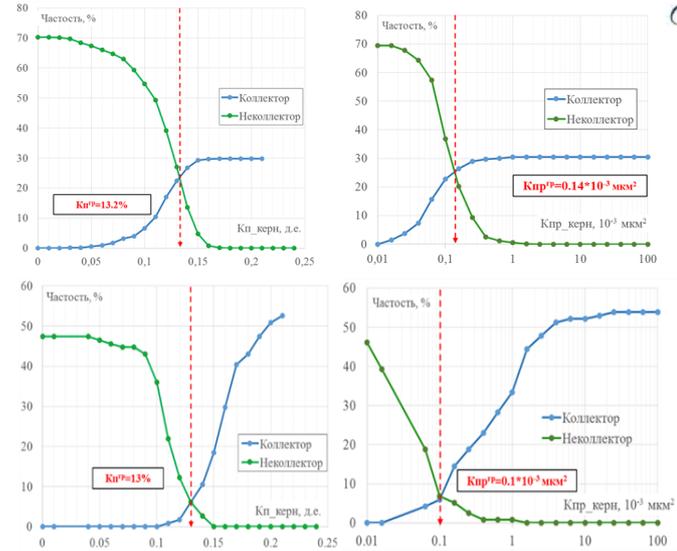
При прочих равных условиях, в условиях нормального гидростатического давления в данном интервале глубин все потенциальные коллектора уплотняются до стадии неколлекторов

Выделение коллекторов в интервале АВПД

анализ результатов испытания



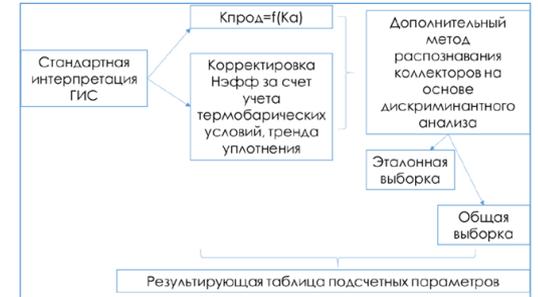
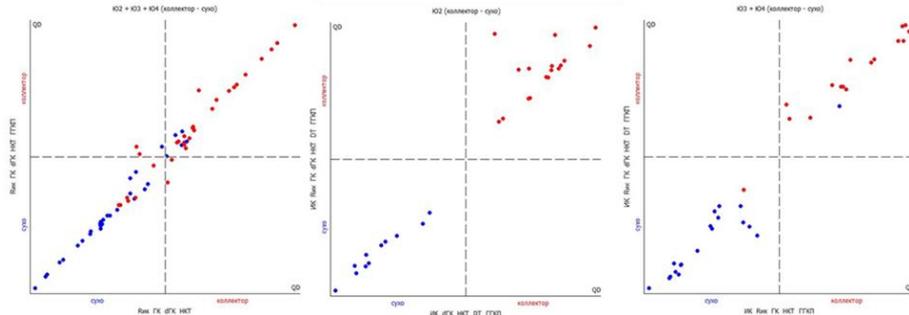
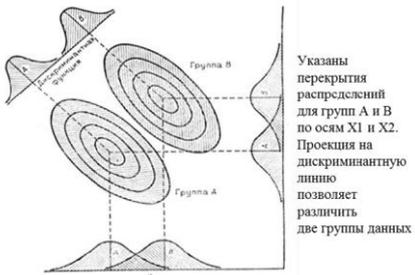
анализ приточных и бесприточных интервалов испытания



Ач

Ю

Дискриминантные функции двух комбинаций признаков методов ГИС для разделения приточных и бесприточных объектов



ВЫВОДЫ:

1. Необходимо переходить на уточнение зависимостей на основе данных приточных и бесприточных интервалов испытания
2. Многомерный анализ параметров ГИС с применением дискриминантных функций позволяет разделять массив данных на заданные классы в тех случаях, когда традиционные методы разделения по граничным значениям не дают удовлетворительного результата

Типизация сложных по составу залежей УВ в условиях АВПД

Определение типа пластового флюида залежей томенской свиты по геохимическим характеристикам

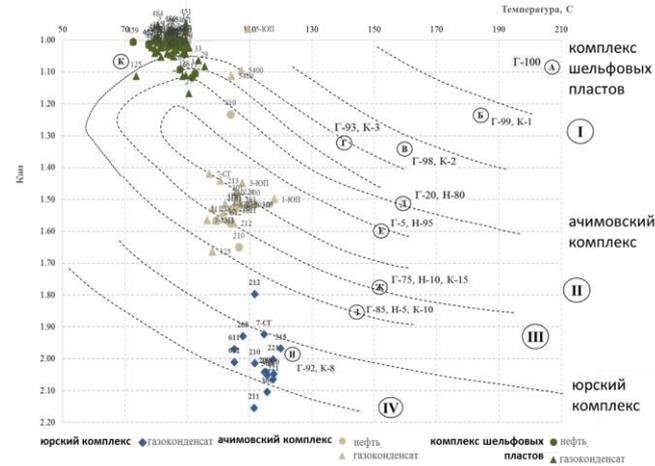
Модель изменения фазового состояния УВ в интервале отложений юры и нижнего мела в зависимости от давления (Кан) и температуры (по В.И. Киченко, 2010 г. с добавлениями)

Месторождение -
Пласт -
Скважина -
Глубина -

ИНГЕОСЕРВИС

C1	C2	C3	n-C4	n-C4	C5+
83.69	7.54	3.46	0.59	0.66	4.06

Метод Ю.П.Каратаева	n-C4/n-C4 = 0.894	Нефть с газом или нефте-газоконденсат
По составу газа	A = 2.18; B = 23.6; Z = 25.8	Газоконденсат с нефтяной оторочкой промышленного значения
Метод главных компонент	Z1 = 7.84; Z2 = 7.67	Газоконденсат с нефтяной оторочкой
Статистический способ		Газоконденсат с нефтяной оторочкой
Метод В.И.Старосельского	C2+ = 16.3; C2/C3 = 2.18; Kα = 160; Kж = 19.5	Нефте-газоконденсат
Метод ОПУС (обобщенный показатель углеводородного сырья)	K2 = 59.3	Газонефтеконденсат
Метод флюидных коэффициентов	Wh = 16.3; Bh = 10.4; Ch = 1.53	Нефть с газоконденсатом



Зоны распространения углеводородных коллектив: 1 - газоконденсат (первичный) и газ; 2 - нефть; 3 - газоконденсат (вторичный).
Соотношение газа (Г), нефти (Н), конденсата (К) в разных коллективах, %
а) Г-100, б) Г-99, К-1; в) Г-98, К-2; г) Г-93, К-3; д) Г-20, Н-80; е) Г-5, Н-95; ж) Г-75, Н-10, К-15; з) Г-85, Н-5, К-10; и) Г-92, К-8; к) переходная зона.

Геохимические типы конденсатов и нефтей газоконденсатных залежей с нефтяными оторочками для ачимовской толщи, Н.Г. Жузе, 1989, ВНИГРИ

Тип нефтяной оторочки	Ориентировочные глубины	Выход фракций, %		Смолы, %	Парафины, %	Состав фракции н.к. -200 °С		
		До 200 °С	До 300 °С			А	Н	М
Конденсационный	1000-3000	36-65	55-90	0,7-5	0,2-0,4	5-30	15-35	45-70
Остаточный	1500	10-30	30-50	4-10	2-15	5-20	25-50	50-75
Смешанный	1500-3000	25-40	40-60	3-7	5-10	5-25	20-40	45-65
Деструкционный	3500-4000	5-10	15-30	До 35	9-15	15-55	15-45	10-60

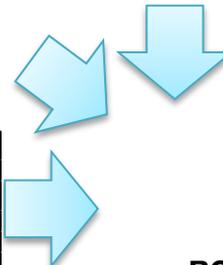
Газоконденсаты

Газоконденсаты с примесью нефти

Нефти конденсатного и смешанного, преимущественно конденсатного, типов

Нефти смешанного, преимущественно остаточного, типа

Нефти остаточного типа

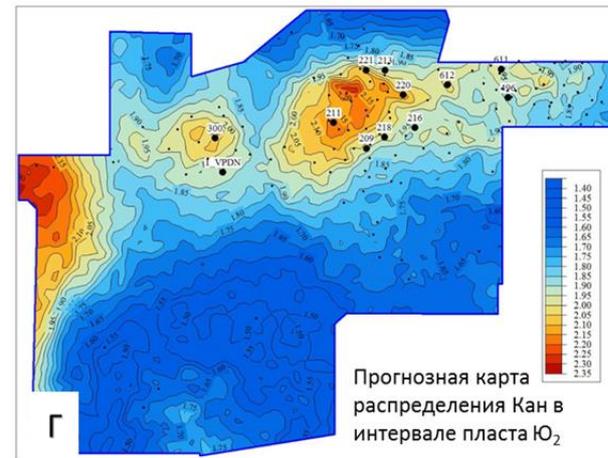
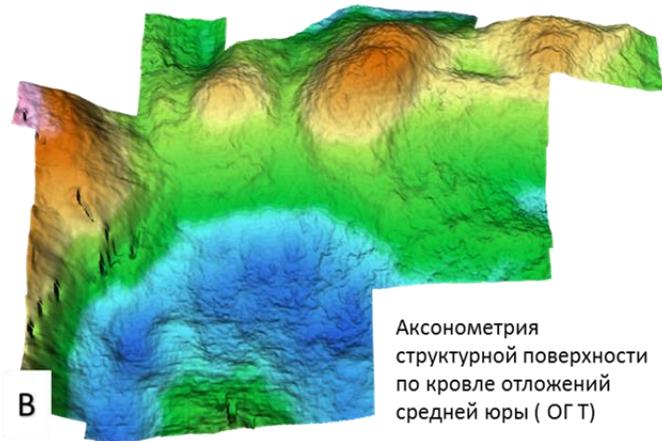
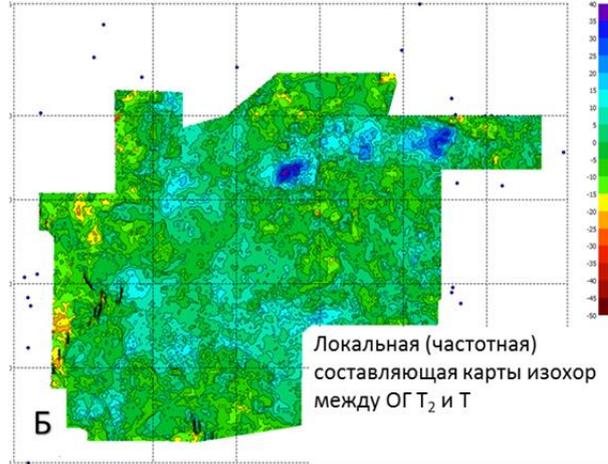
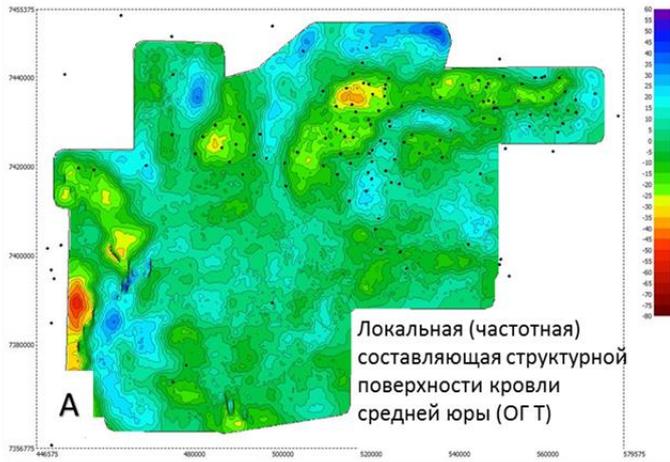


Тип залежи УВ - нефтегазоконденсатный

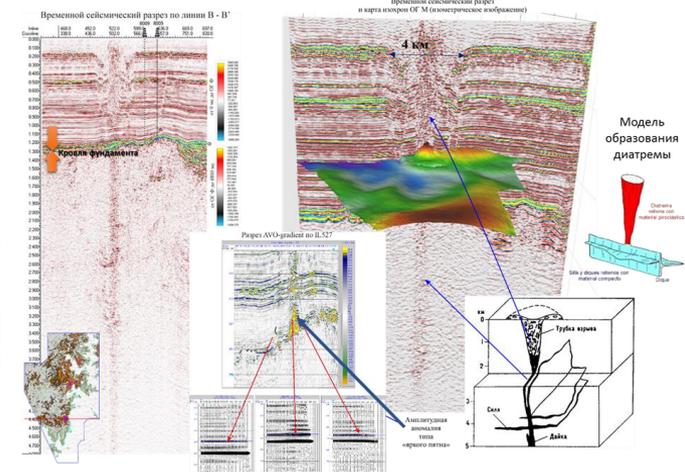
Тип насыщающих поровое пространство флюидов - водонефтегазоконденсатный

Свойство таких залежей - отсутствие субгоризонтальных поверхностей межфлюидных контактов - ГВК, ГНК, ВНК

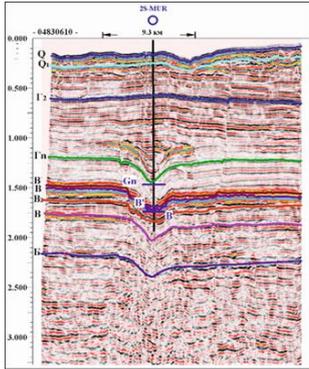
Выявление взаимосвязи между аномальной зоной сейсмической записи (АСЗ) и деформацией структурного плана



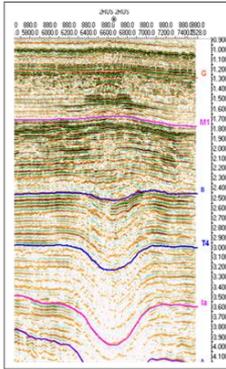
Флюидодинамическая модель образования трубок «взрыва»



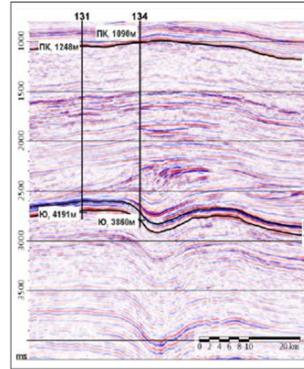
Сейсмическая модель, поясняющая связь трубки «взрыва» с глубинными каналами фундамента



Баренцево море.
Северо-Мурманская площадь.
Фрагмент сп 04/83-61



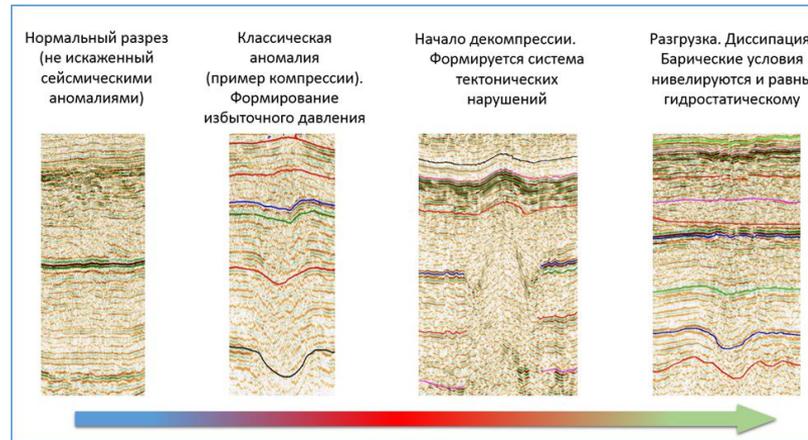
Карское море.
Русановское месторождение.



ЯНАО. Юрхаровское
месторождение.

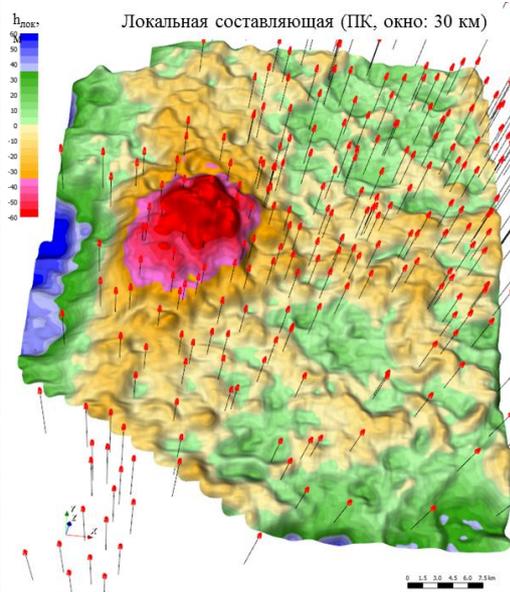
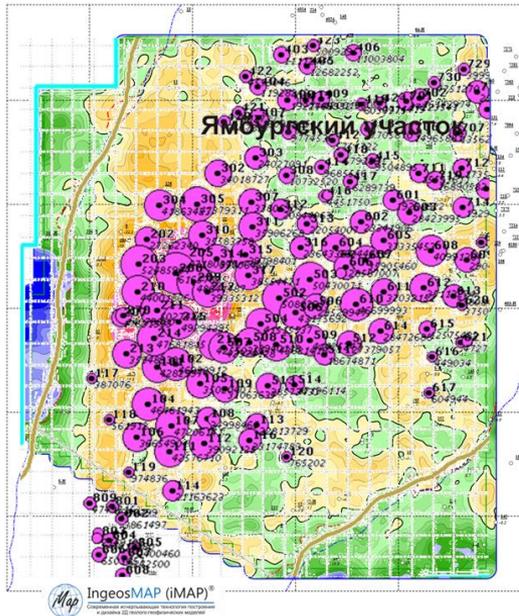
Сопоставление аномальных кольцевых зон (АКЗ) в осадочном разрезе Баренцева и Карского морей, Западно-Сибирской провинции

Теоретическая схема эволюции избыточного давления от формирования до разгрузки

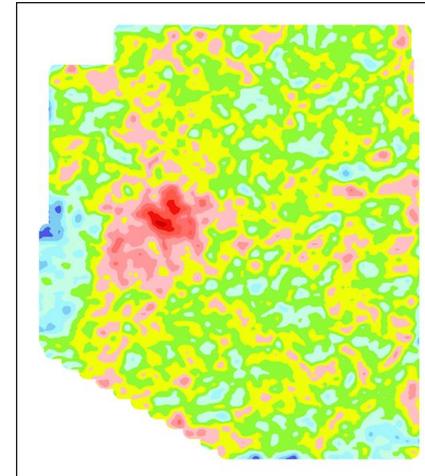


Выявление взаимосвязи между аномальной зоной сейсмической записи и продуктивностью сеноманской залежи

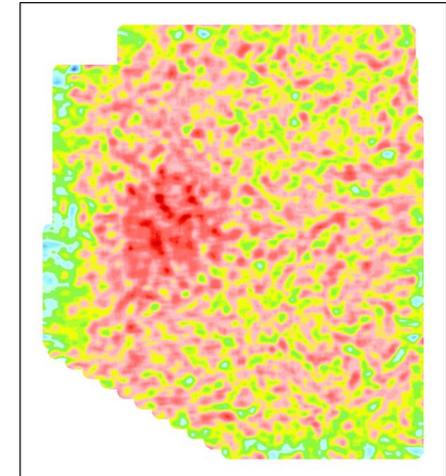
Фрагмент структурной карты залежи сеномана. Накопленная добыча газа



1-я компонента объясняет 79% общей дисперсии, 2-я – 17%, 3-я – 3%.
Остальные компоненты (с 4 по 30) объясняют всего 1% общей дисперсии,
на них явно проявляются эффекты осреднения с разными окнами.



1-я главная компонента



2-я главная компонента

Геолого-промысловая модель залежи для условий АВПД (юра)

Прогнозная карта распределения Кан

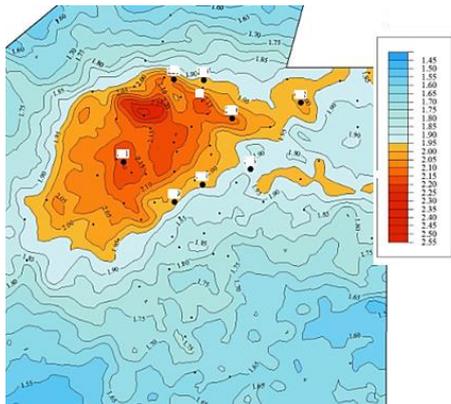
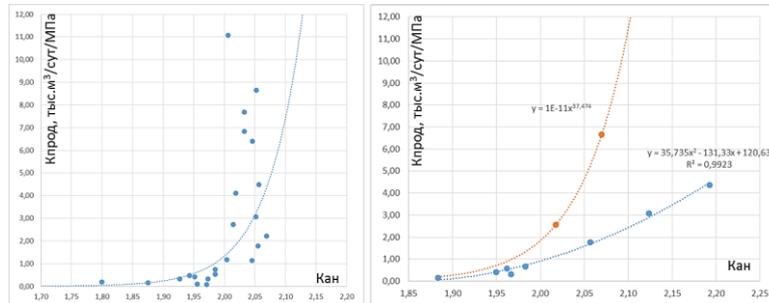
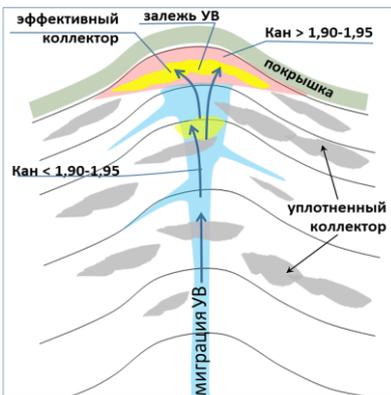


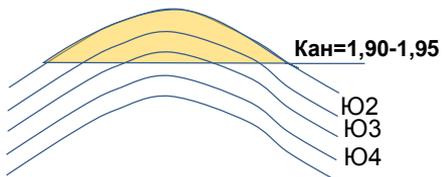
График зависимости продуктивности отложений от коэффициента аномальности



Принципиальная схема формирования залежей УВ в условиях АВПД и сохранения ФЕС коллекторов



Принципиальная модель залежи УВ для условий АВПД



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2797763
СПОСОБ УЧЕТА АНОМАЛЬНО ВЫСОКОГО ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Обоснование выделения границы залежи пласта-коллектора в условиях АВПД:

по граничному значению Кан

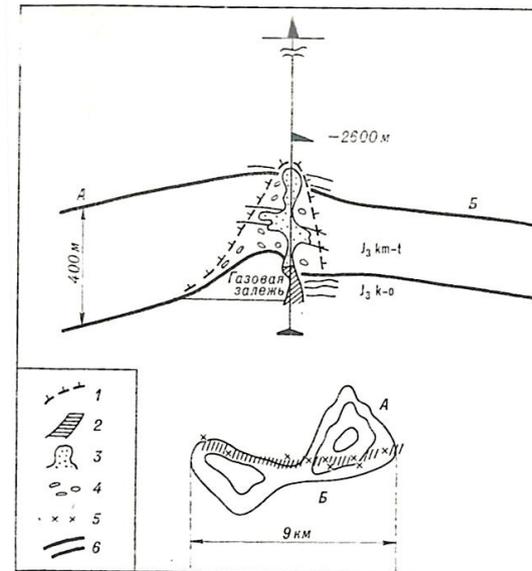
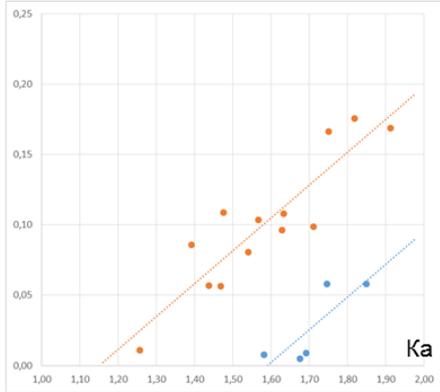


Рис. 31. Модель несимметричного ореола вторжения в типичном газовом месторождении Бухаро-Хивинской области. По И. В. Куширову и др. [1972 г.].
1 – контур ореола вторжения; 2 – трещиноватая флюидопроводящая зона разлома; 3 – флюидизированное ядро ореола вторжения; 4 – карманные залежи газированной рапы; 5 – мелкообитые притоки в скважины сверхнапорной газированной рапы из карманных залежей; 6 – солиная изолирующая толща-покрышка.

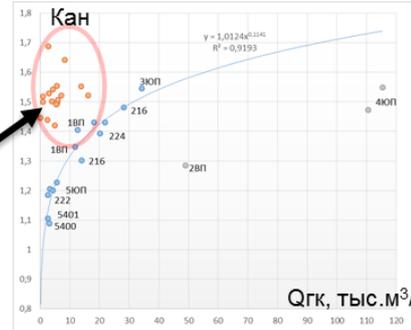
Тип залежи – литологически и энергетически замкнутый
Тип пустотного пространства – порово-трещинный

К продуктивности, тыс.м³/сут/МПа



ачимовская толща

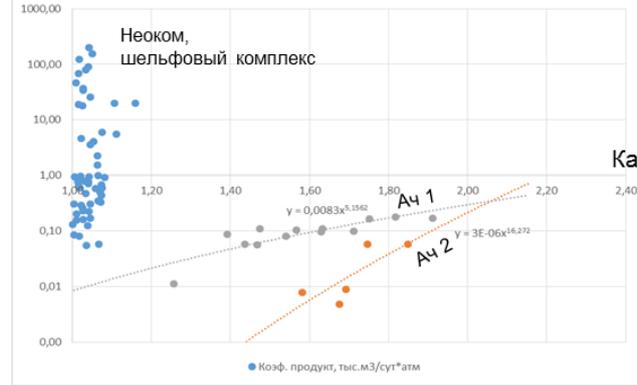
График зависимости продуктивности отложений от коэффициента аномальности



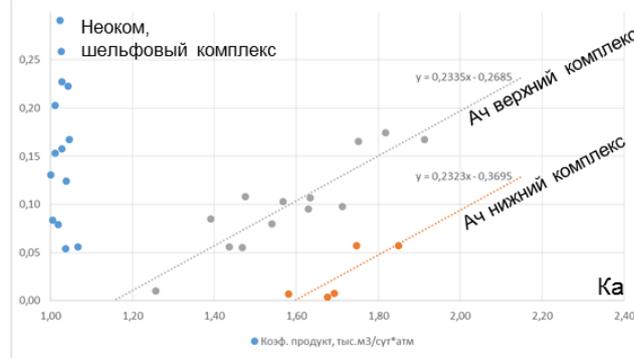
Влияние ухудшения ФЕС на снижение продуктивности скважины



IgQ, тыс.м³/сут

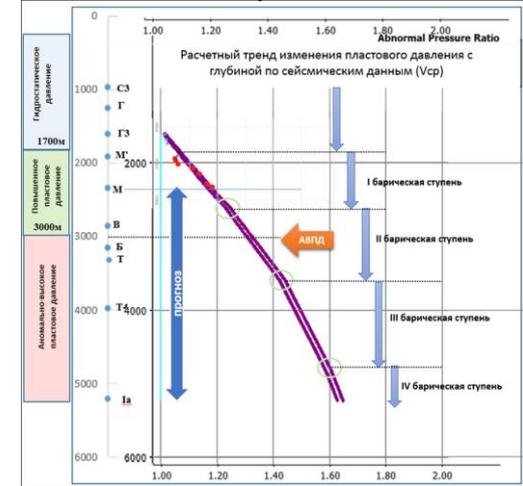


К прод, тыс.м³/сут/МПа

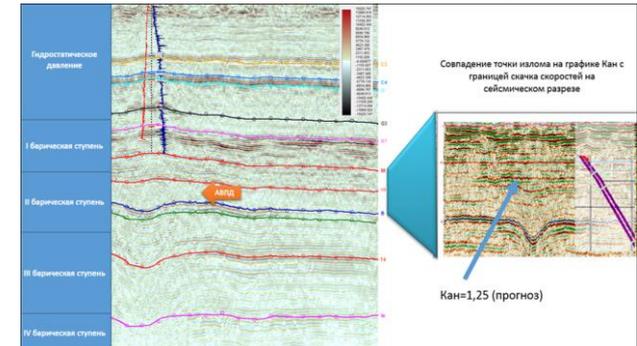


Продуктивная часть разреза меловых отложений

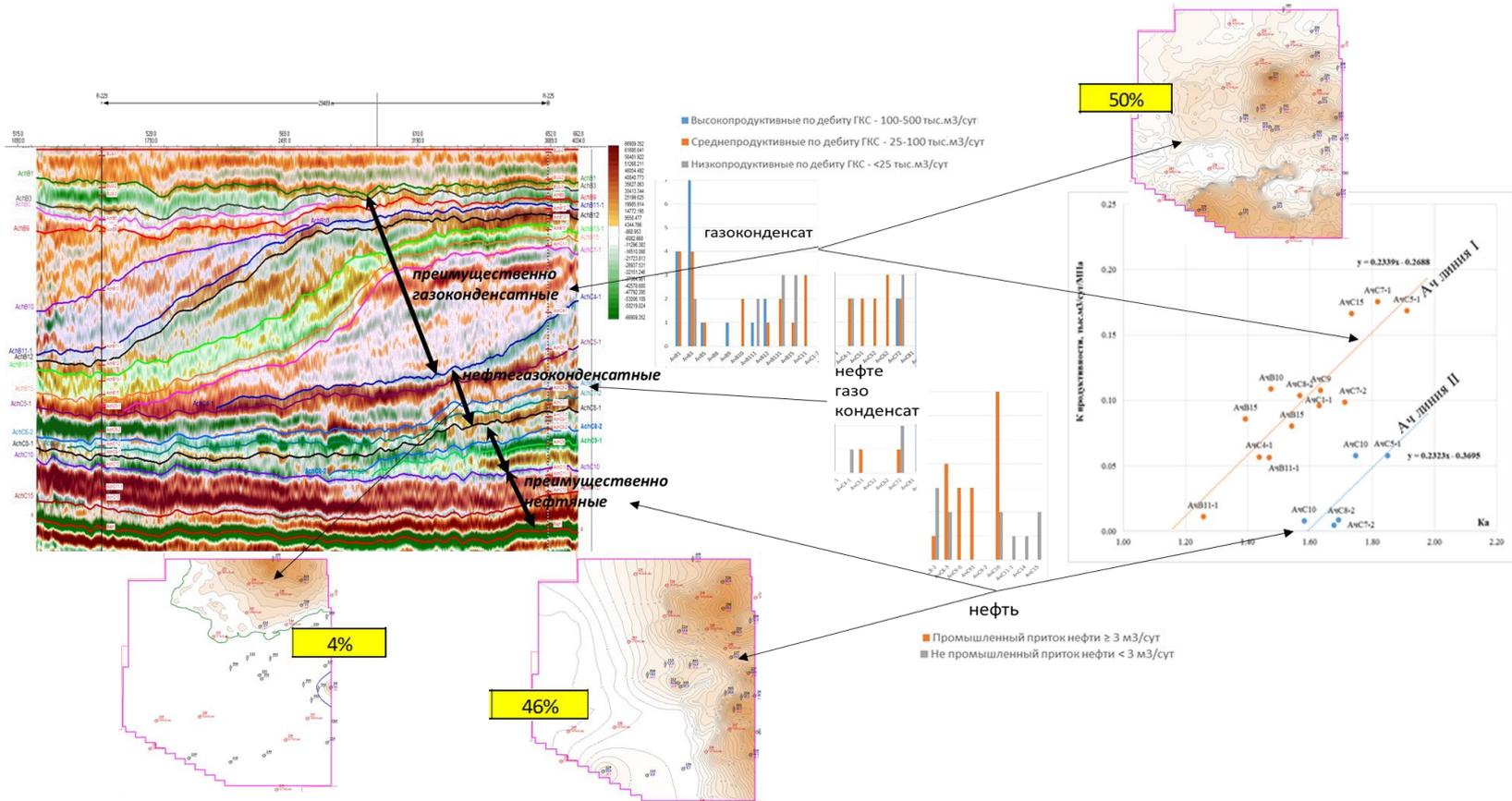
Расчет тренда изменения пластового давления с глубиной



Выделение барических границ

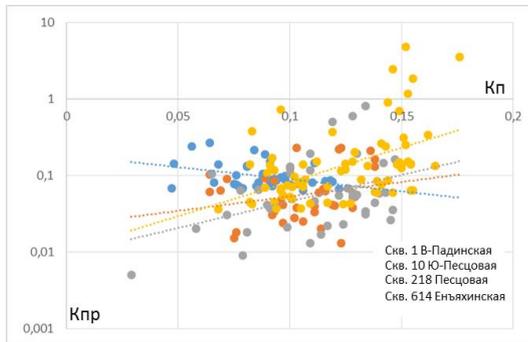
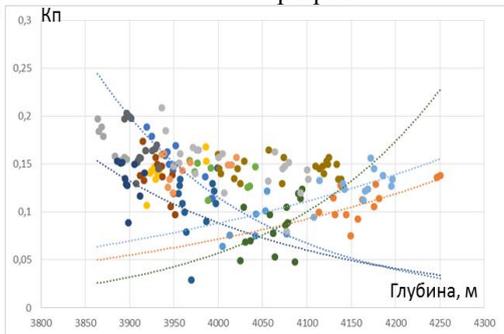


Генетически-фазовая избирательная принадлежность залежей УВ для отложений ачимовской толщи неокома



Петрофизика коллекторов для условий АВПД

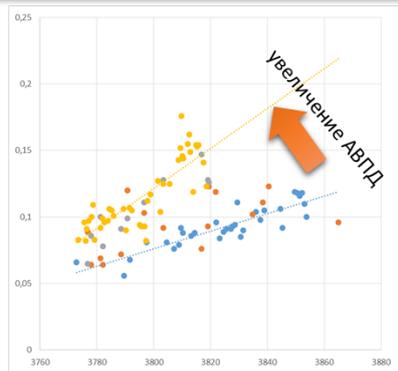
Разнонаправленные тренды изменения K_p с глубиной в интервале продуктивной части разреза



Отсутствие единой зависимости между K_{pr} и K_p для продуктивной части разреза

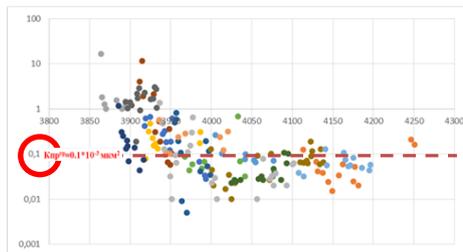
Влияние АВПД на тренды изменения K_p с глубиной для средней юры

изменение K_p линейно зависит от давления флюида в порах

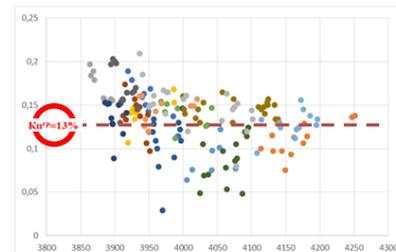


глубина приведена к одному уровню

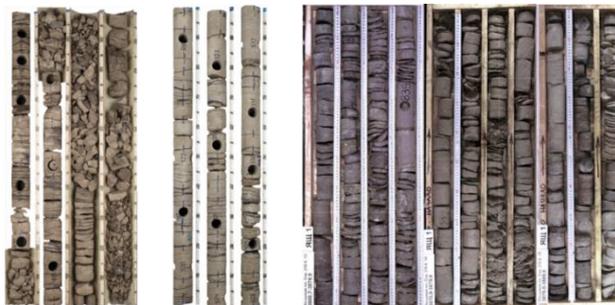
Изменение K_{pr} с глубиной для продуктивной части разреза



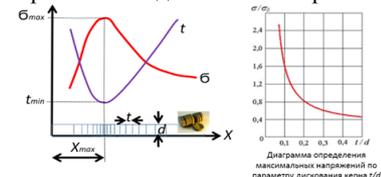
Изменение K_p с глубиной для продуктивной части разреза



Тектоническая трещиноватость по керну как следствие напряженного состояния среды в условиях АВПД



Универсальная диаграмма определения максимальных напряжений по дисковому керну

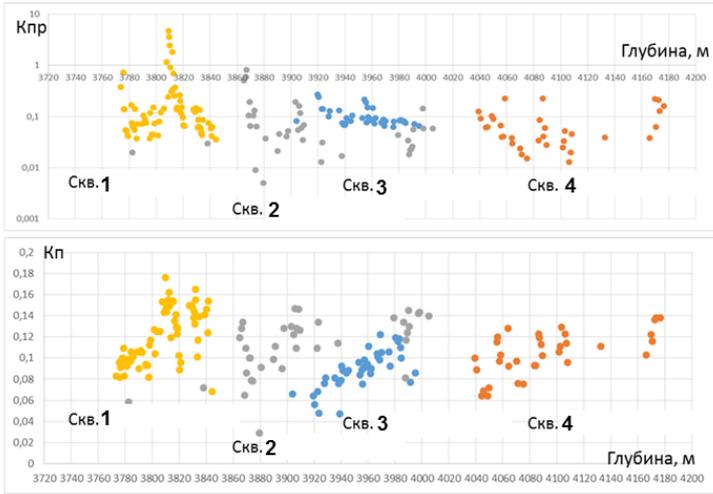


где,
 t – толщина диска, t_{min} – минимальная толщина диска,
 d – диаметр керна
 X – длина проходки с отбором керна,
 σ – величина напряжений, σ_{max} – максимальное напряжение

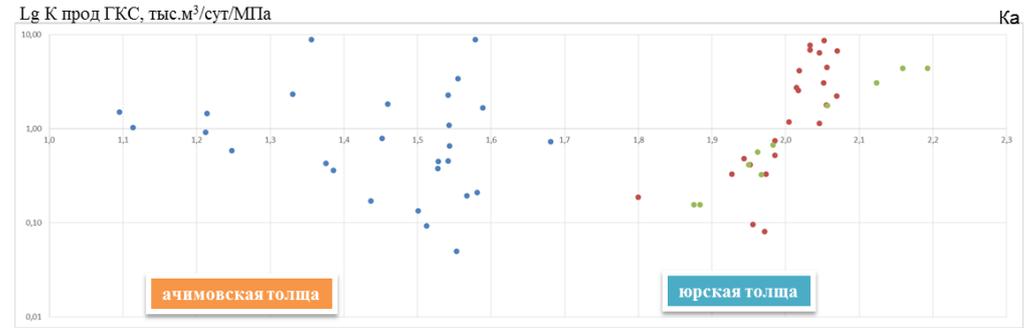
ВЫВОДЫ:

1. Граничные значения K_p и K_{pr} не являются, как принято считать, единственными условиями для разделения коллектор-неколлектор в условиях АВПД

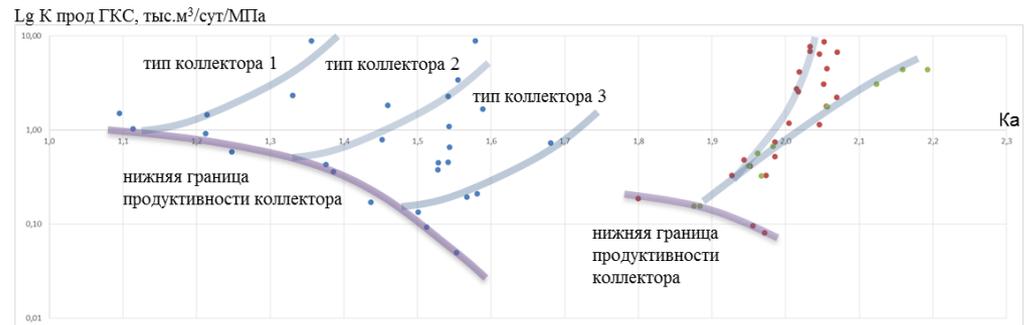
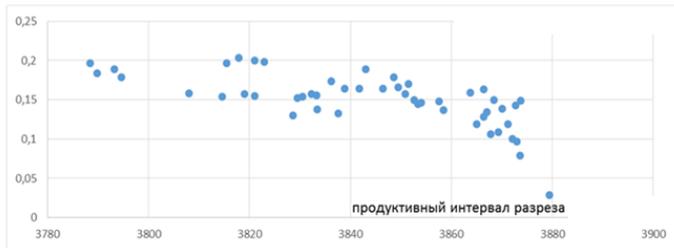
Зависимость изменения Кп и Кпр с глубиной в интервале продуктивной части разреза



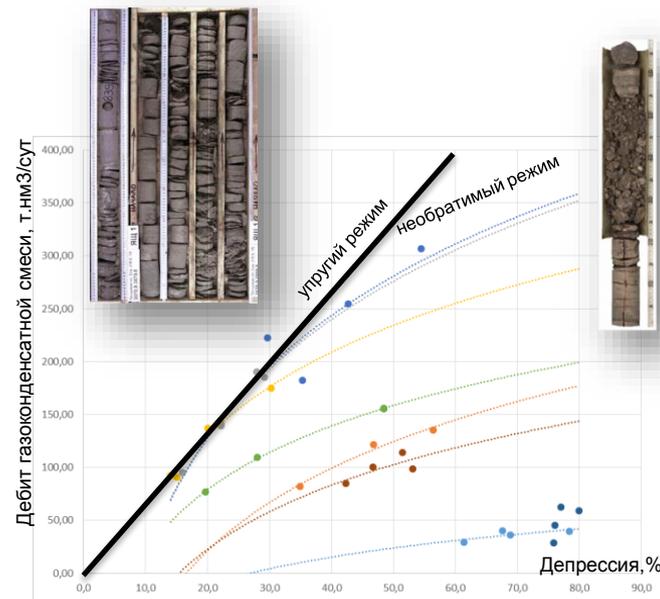
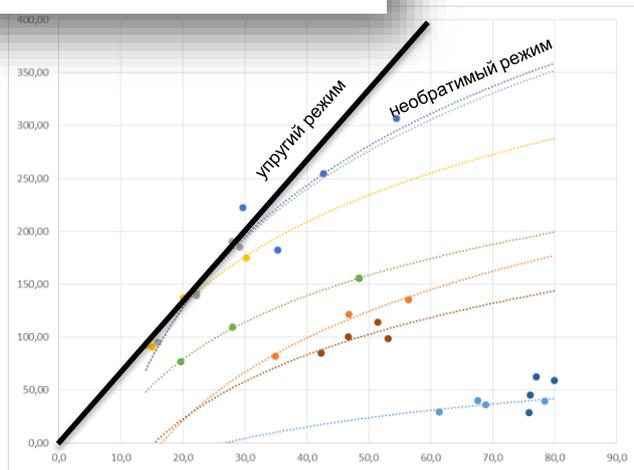
Геолого-промысловая характеристика продуктивности коллекторов для условий АВПД



Интегральный график изменения пористости для продуктивной части разреза

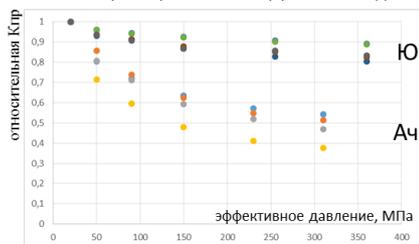


Необходимо также помнить, что при разработке залежей углеводородов в зонах с АВПД с консидиментационным механизмом формирования в сложных коллекторах использование области необратимого режима приведет не только к необратимому изменению петрофизических параметров призабойной зоны, но и к запечатыванию углеводородов в порах этого коллектора.

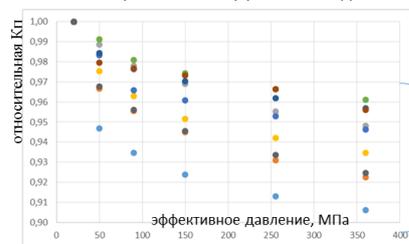


Влияние сжимаемости на пористость и проницаемость пластов

Изменение проницаемости от эффективного давления



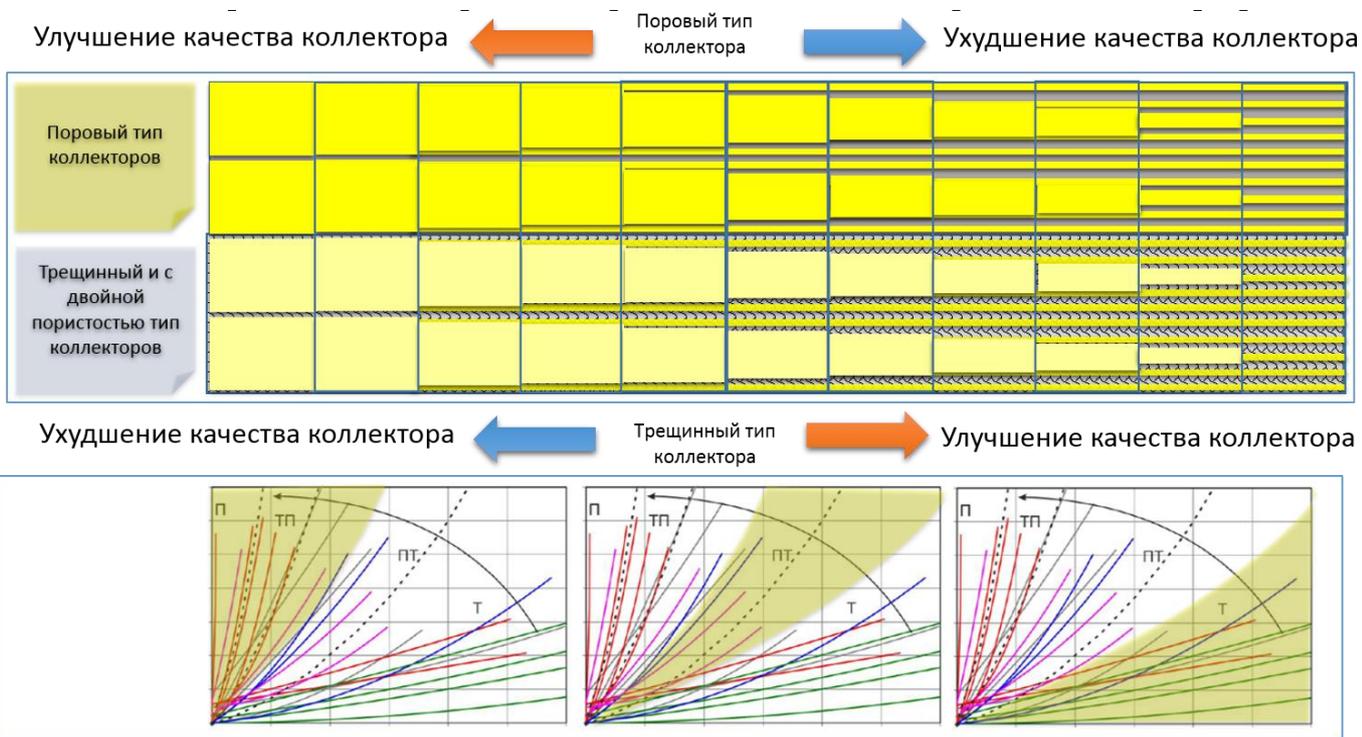
Изменение пористости от эффективного давления



источник пластовой энергии - энергия упругой деформации флюида и пласта.

ФЕС пласта зависит от напряженно – деформированного состояния породы

энергия деформация зависит от давления, изменения давления в геологическом времени, депрессии D_p , объема пласта и коэффициента упругости, характеризующего упругие свойства коллектора, насыщенного флюидами.



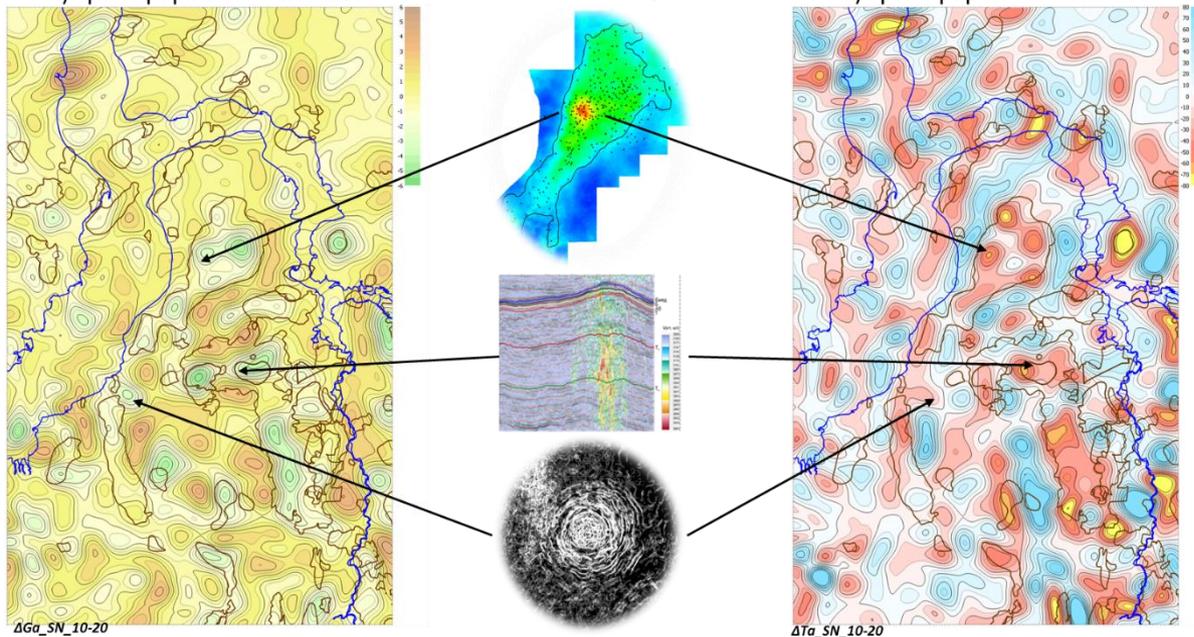
Выводы: мы полагаем, что с увеличением расчлененности коллектора проявляются свойства трещиноватости и в меньшей степени проявляются свойства порового коллектора. И наоборот, с уменьшением расчлененности повышаются свойства порового коллектора и уменьшаются свойства трещиноватого коллектора.

Схема классификации по трансформантам Саксова-Нигаарда с радиусами осреднения 10 и 20 км

а) трансформанта поля ΔG_a

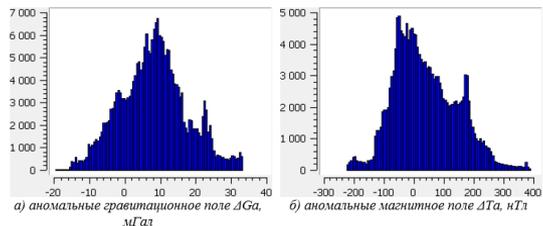
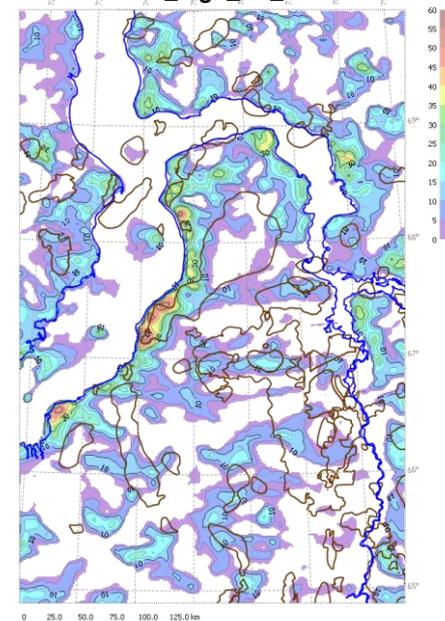
сейсмические признаки

б) трансформанта поля ΔT_a



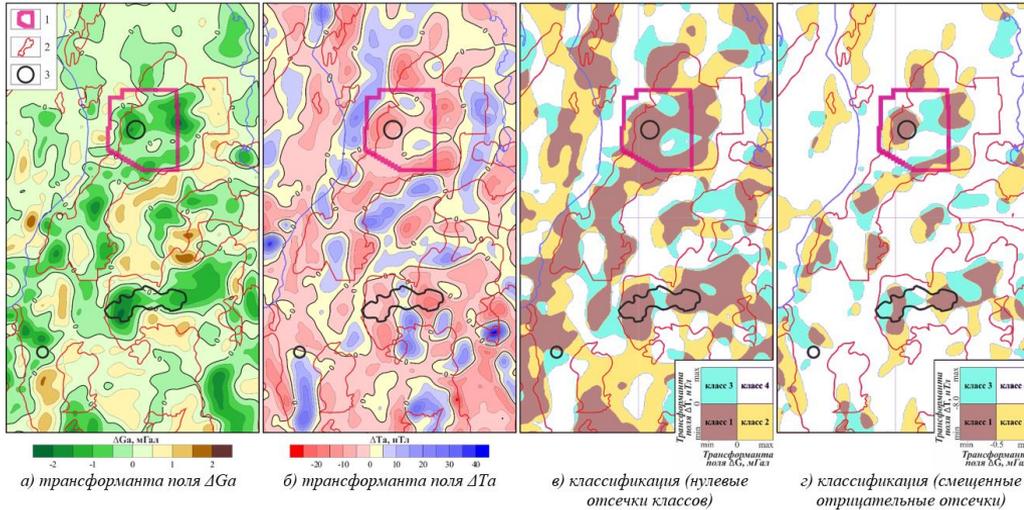
Локальная составляющая цифровой модели местности

SRTM_high_w1_80000

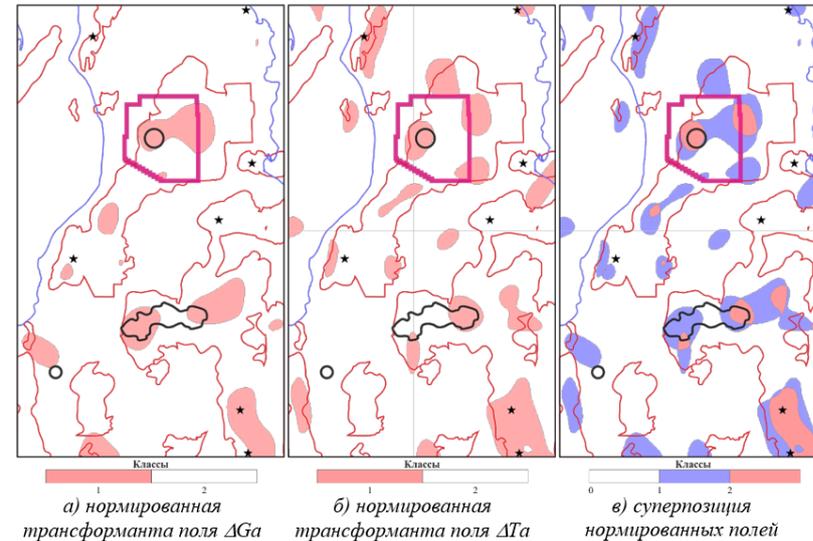


Гистограммы распределения значений потенциальных полей в пределах участка работ и сопредельных территорий

Схема классификации по трансформантам Саксова-Нигаарда с радиусами осреднения 5 и 10 км



Условные обозначения: 1 – контур района работ, 2 - интегральные контура месторождений, 3 – контура ИКС



Для выработки концепции необходимо комплексирование и создание единой модели с использованием интерпретации:

- **Сейсморазведки 3Д**
- **ГДИС**
- **Петрофизической модели на основе 100% отбора керна**
- **Геомеханических свойств коллектора**
- **Геохимических критериев выделения фазового состояния залежей**

Для того, чтобы сохранить текущие уровни добычи, необходимо расширять спектр геологоразведочных работ и стимулировать отечественное технологическое развитие, внедрение эффективных технологий в производство

Спасибо за внимание!