

Методы геолого- геофизических исследований баженовской свиты для поиска критериев нефтеносности



Тюмень
18.09.2018

Докладчик:
к.х.н. Калмыков А.Г.
+79777090857
a.g.kalmykov@gmail.com

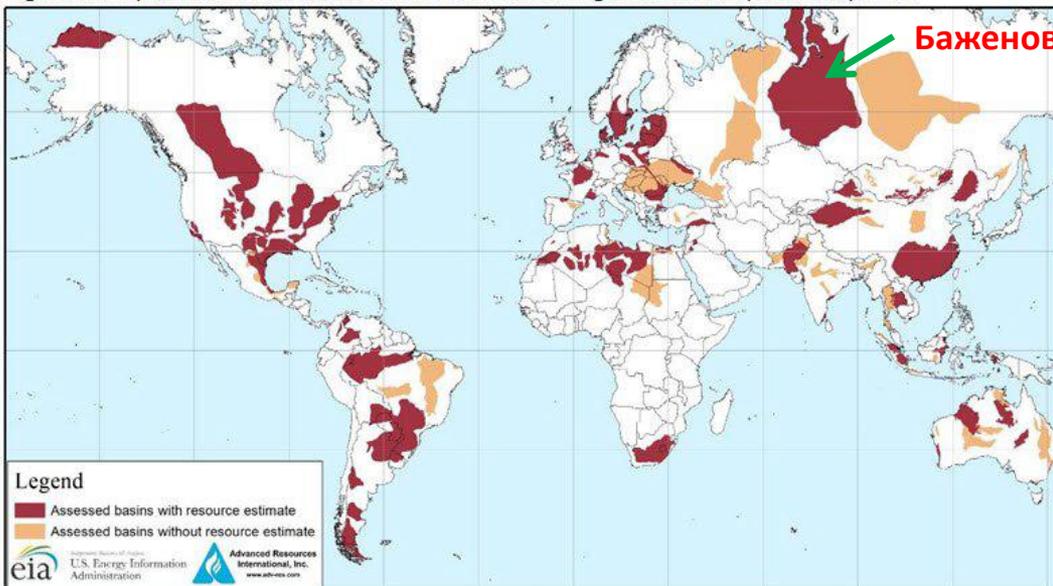


Трудноизвлекаемые запасы углеводородов



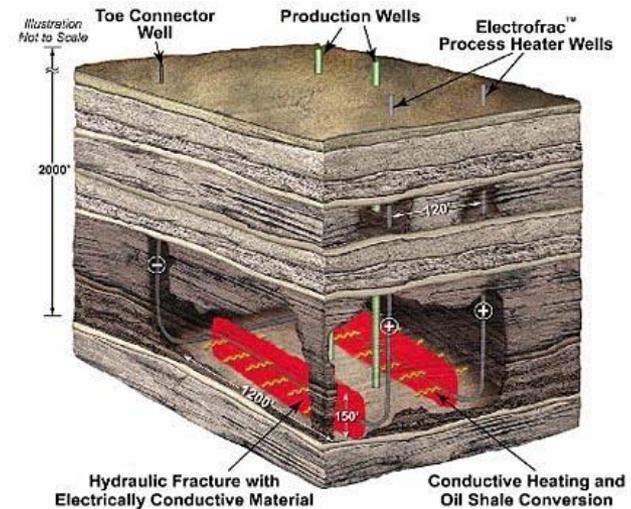
Source: U.S. Energy Information Administration based on data from various published studies. Canada and Mexico plays from ARI. Updated: May 9, 2011

Figure 1. Map of basins with assessed shale oil and shale gas formations, as of May 2013

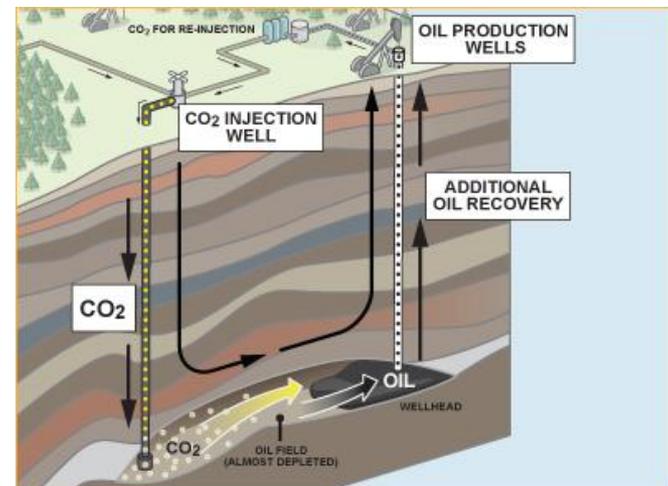


Source: United States basins from U.S. Energy Information Administration and United States Geological Survey; other basins from ARI based on data from various published studies

В настоящее время нефтяные компании по всему миру занимаются исследованиями и поиском новых методик экономически выгодной разработки нетрадиционных сланцевых формаций. Из-за различий в строении и структуре для каждой формаций необходимо подбирать новые технологии исследования пород, поиска залежей и их разработки.



Технология ExxonMobile Electrofrac для разработки сланцевой нефти в пласте



Технология компании Clean Air Task Force по добыче сланцевой нефти



Баженовская свита (БС)

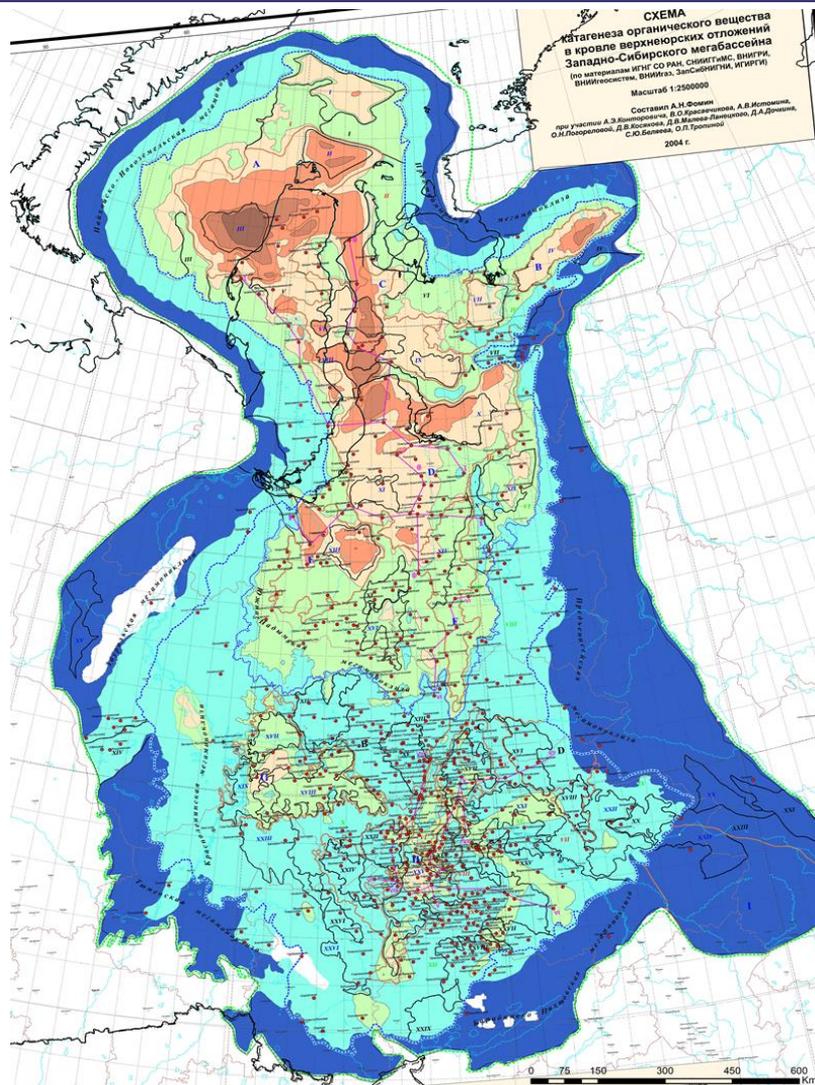
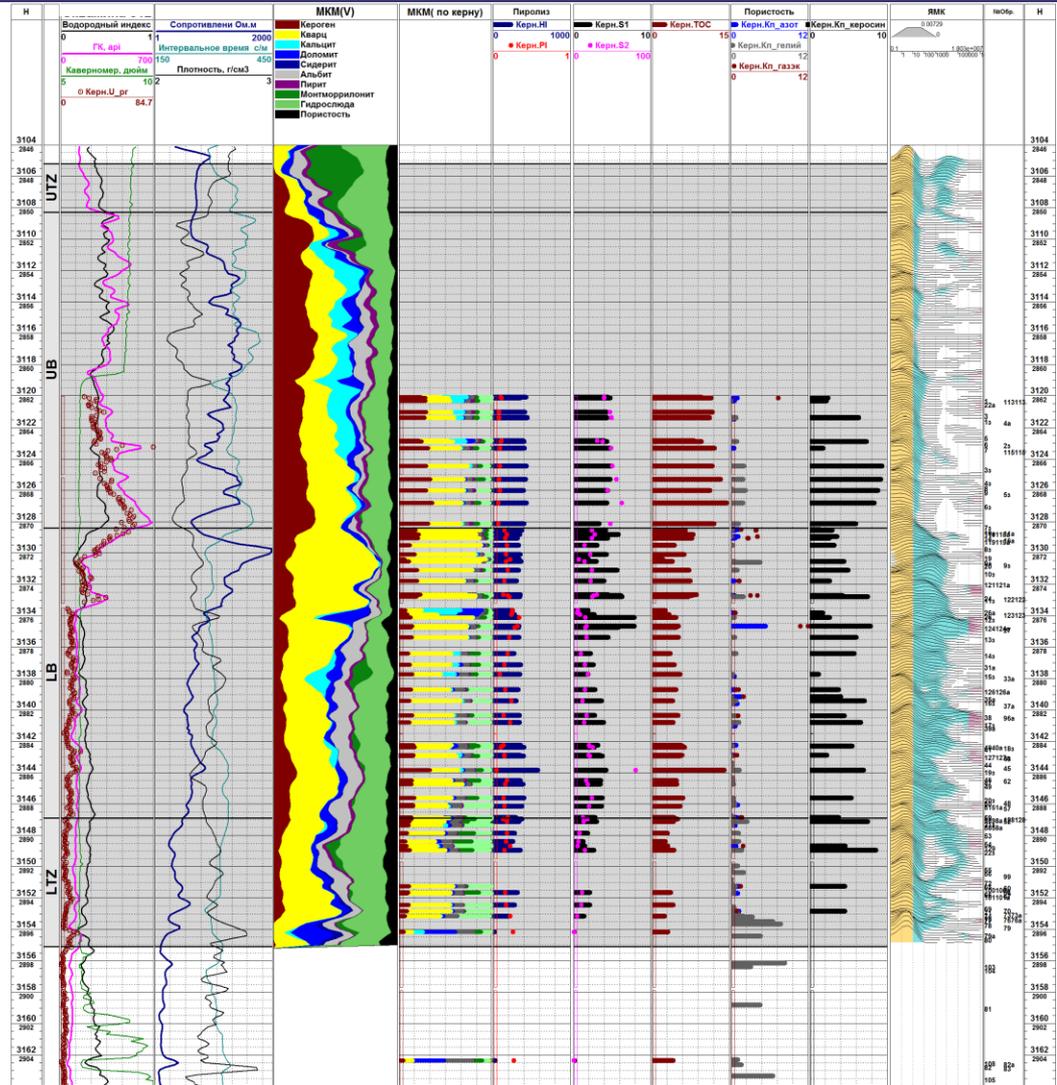


Схема зрелости органического вещества в кровле верхнеюрских отложений, Западная Сибирь М 1:2500000 (2004)



Геолого-геофизический планшет разреза БС одного из месторождений



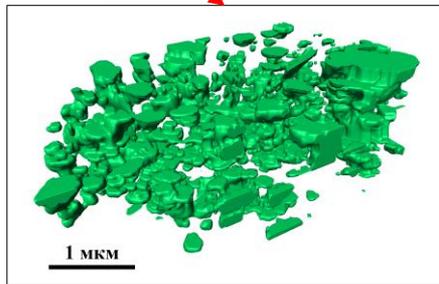
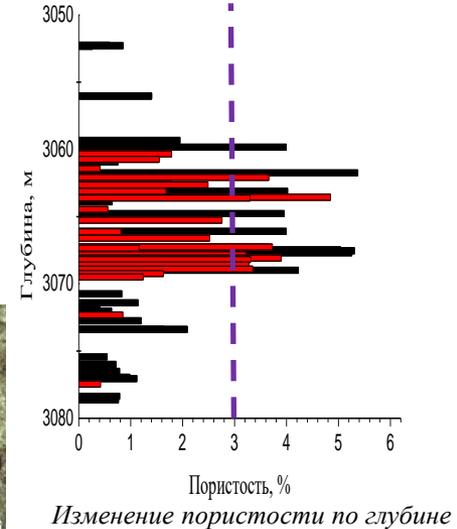
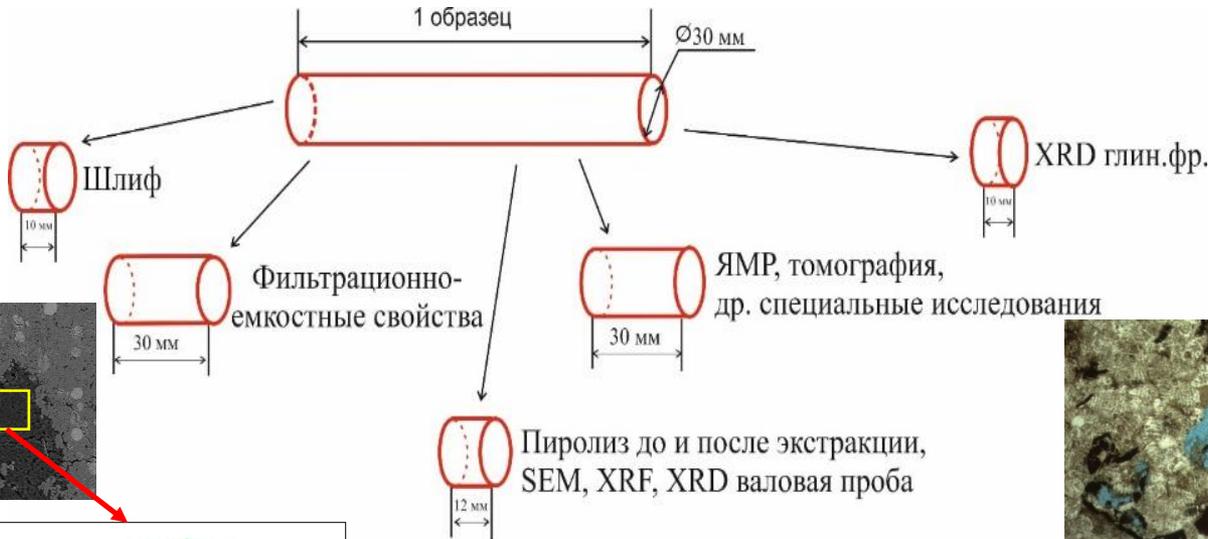
Задачи геолого-геофизических исследований для освоения ресурсов баженовской свиты



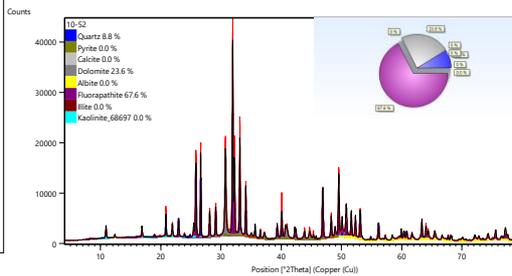
- Исследование кернового материала и выявление коллекторских интервалов, перспективных зон
- Изучение условий формирования БС и поиск закономерностей их распространения
- Построение геологических моделей распространения БС и изменения её структуры и свойств по территории Западной Сибири
- Подсчёт запасов БС
- Оценка возможности стимулирования БС и повышения добычи, рекомендации к разработке технологий разработки



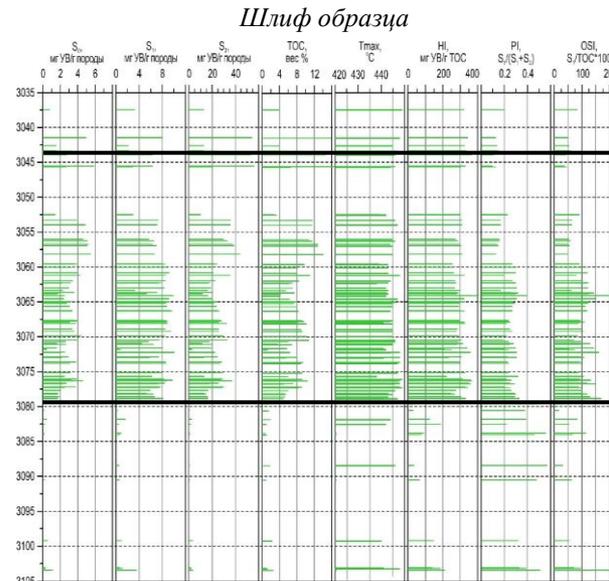
Исследования кернового материала БС



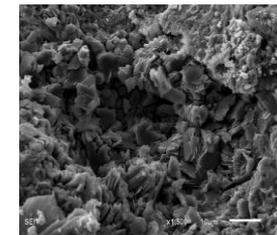
Реконструкция пустотного пространства FIB-SEM



Рентгенофазовый анализ образца



Изменение пиролитических параметров по глубине



РЭМ микрофотография

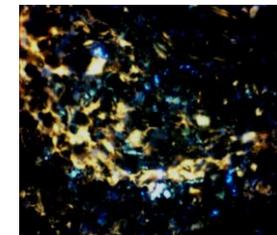
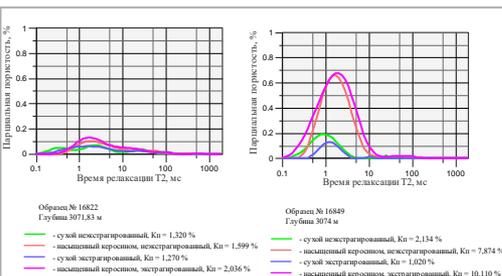
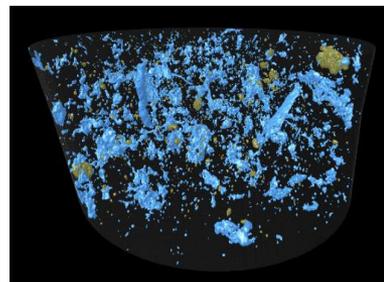


Фото под конфокальным микроскопом



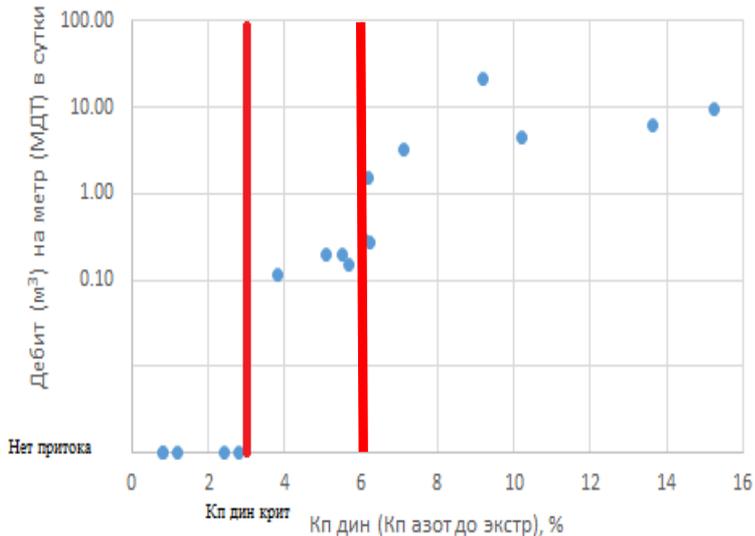
ЯМР исследования образца



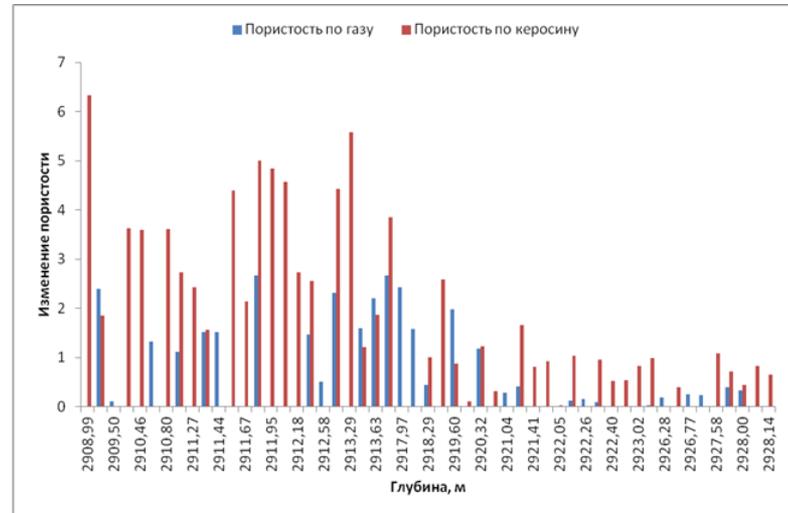
Микротомография образца



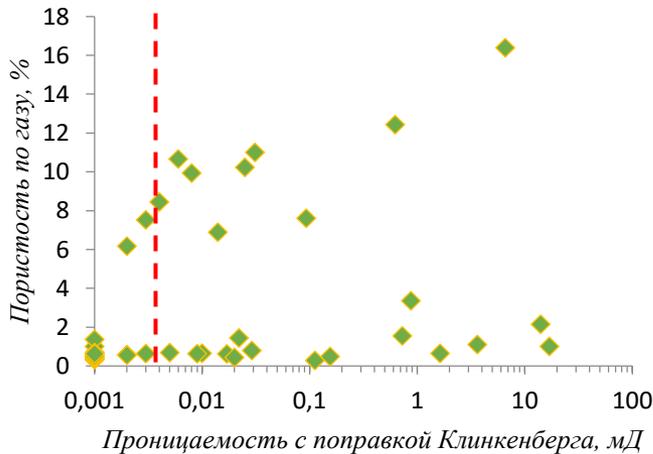
Петрофизические исследования керна для подсчёта запасов БС



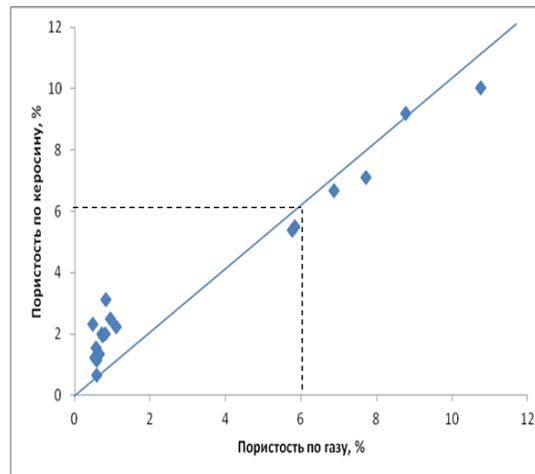
Зависимость дебита из скважин от максимального значения динамической пористости в различных скважинах без учёта проницаемости



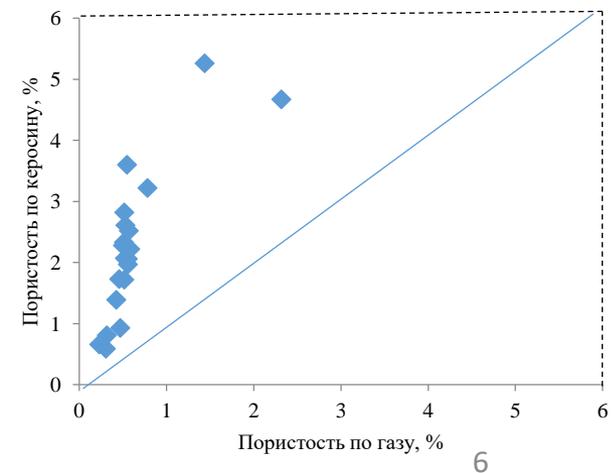
Изменение пористости в результате последовательной экстракции образцов



Изменение пористости в результате последовательной экстракции образцов



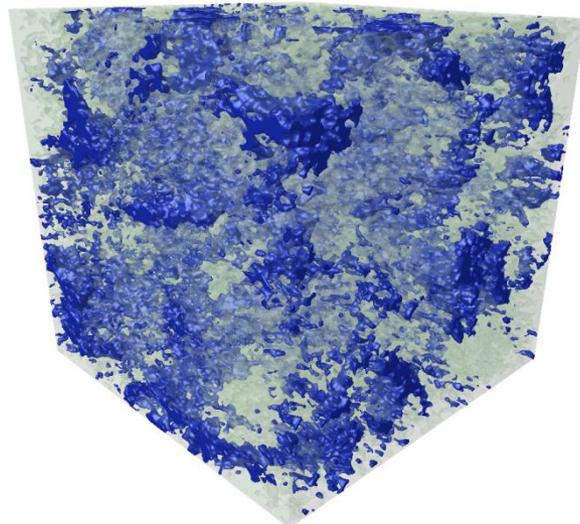
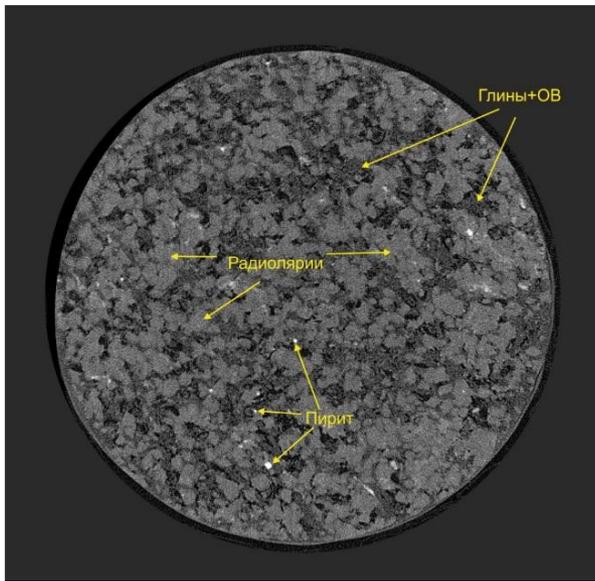
Зависимость пористости по керосину от пористости по газу для скважины Средне-Назымского месторождения



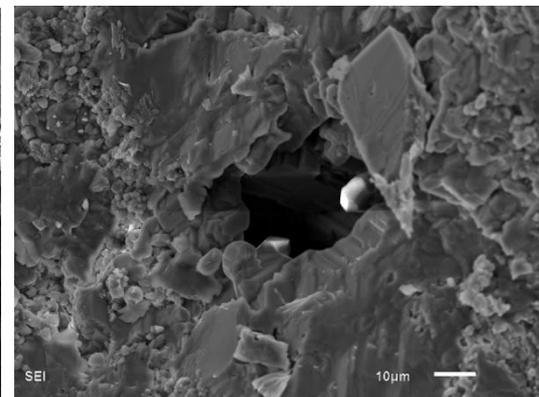
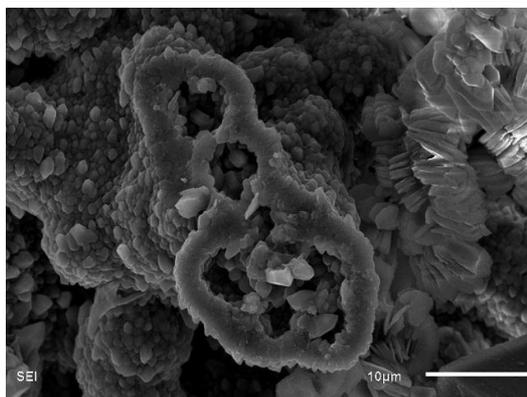
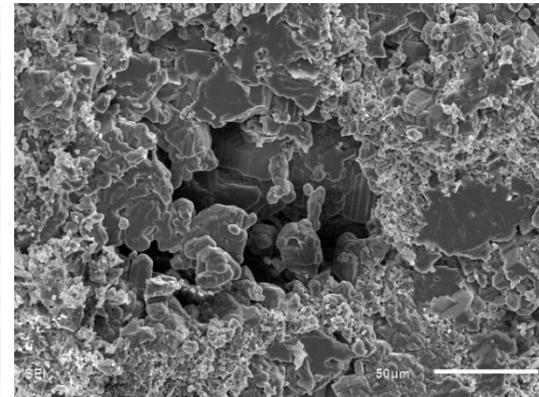
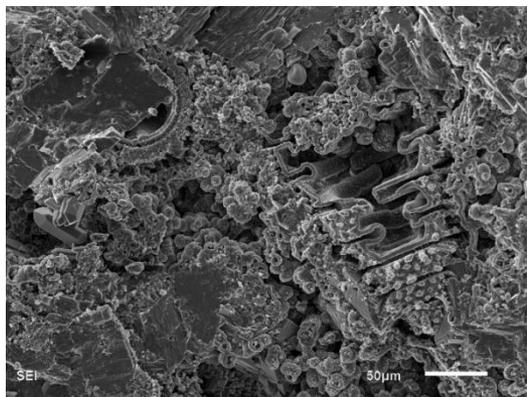
Зависимость пористости по керосину от пористости по газу для скважины Галяновского месторождения



Структура пустотного пространства образца радиоларита



Результаты исследования радиоларитового просяла на микромографе



Микрофотографии пор, образованных в результате растворения скелетов радиоларий, в кремнистой породе (слева) и карбонатной породе (справа)

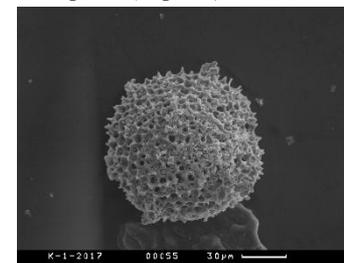
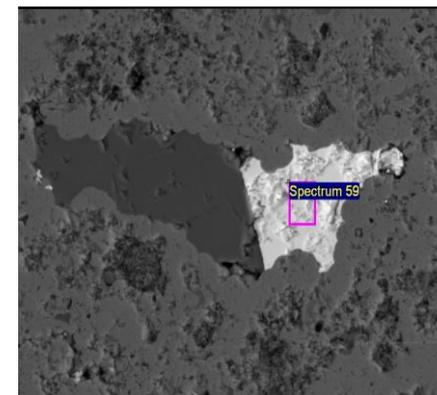
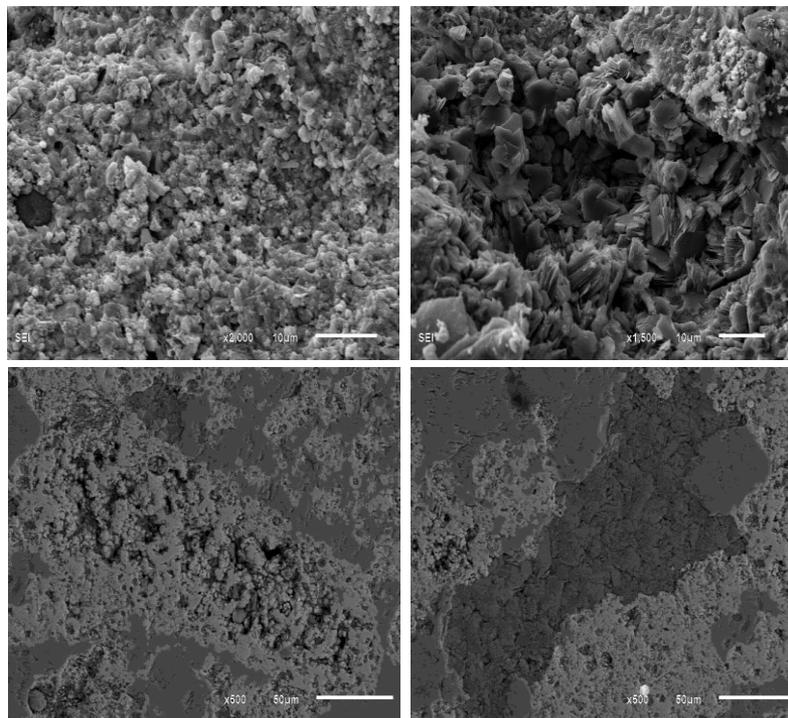
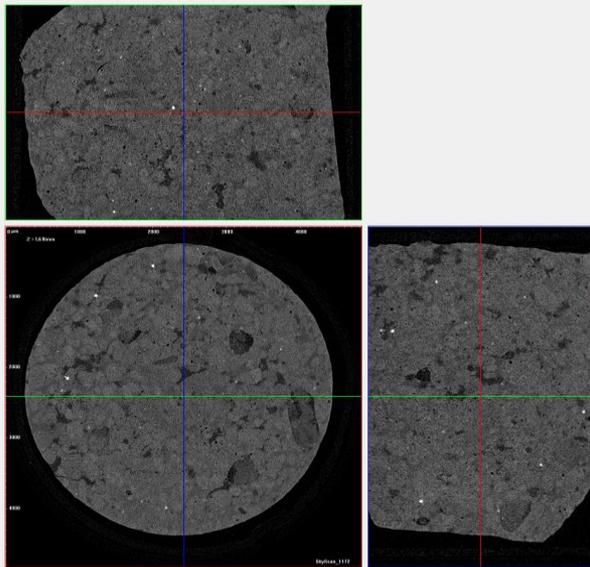


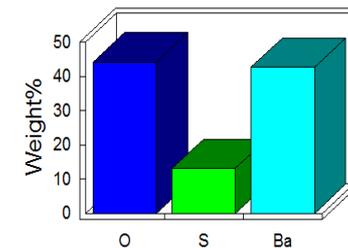
Фото пиритизированных скелетов радиоларий, выделенных из пород баженовской свиты



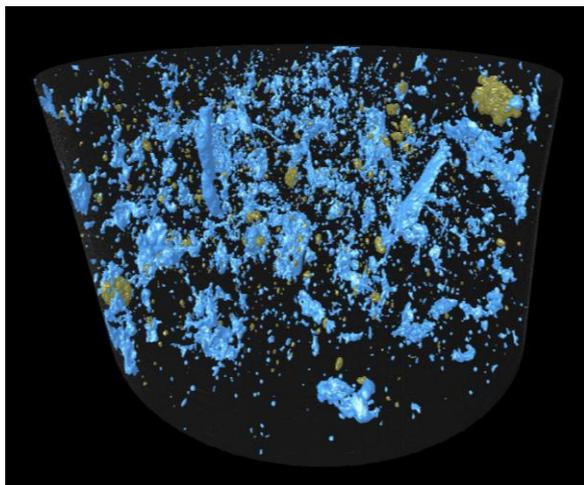
Структура пустотного пространства образца апатита



Quantitative results



Микрофотография и элементный состав включений барита



Результаты исследования фосфатной линзы на микромографре

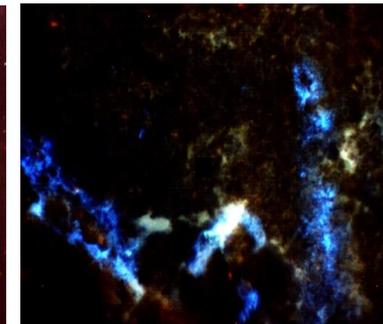
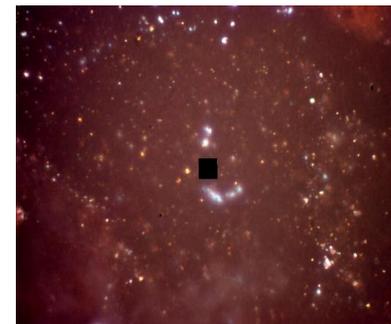
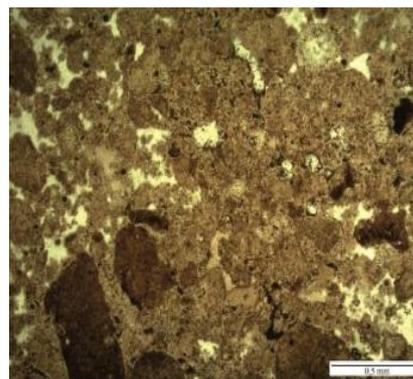
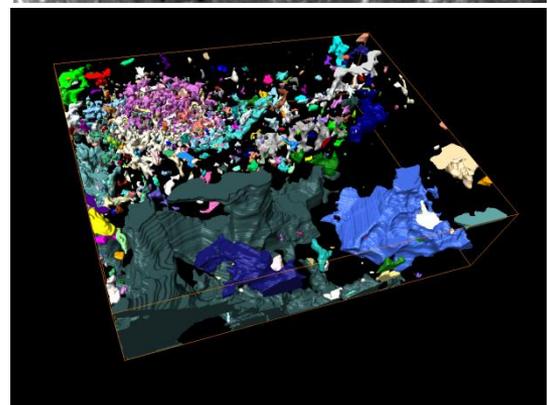
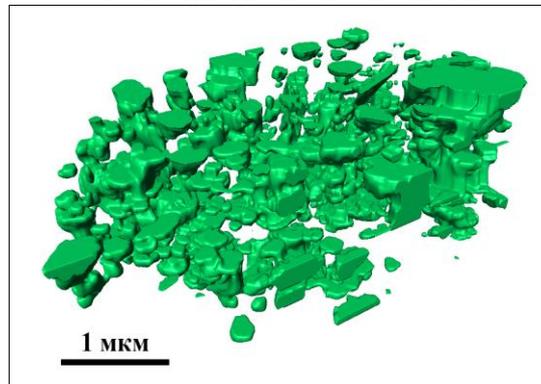
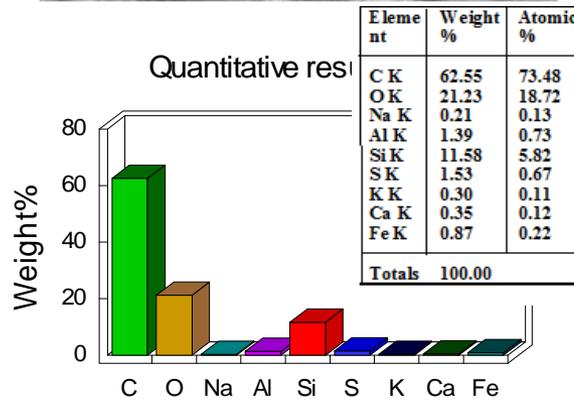
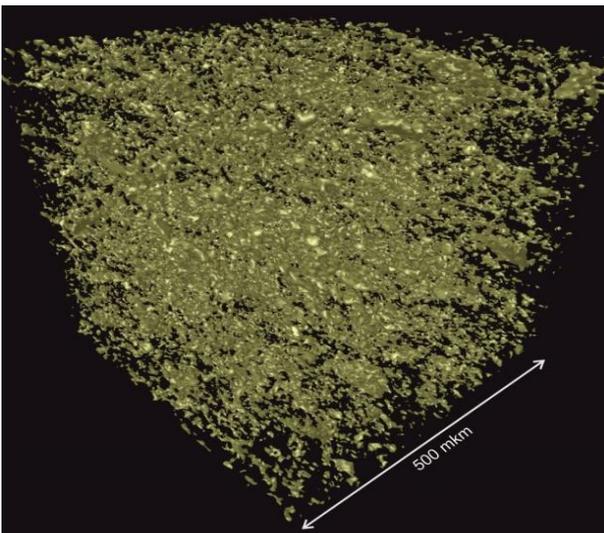
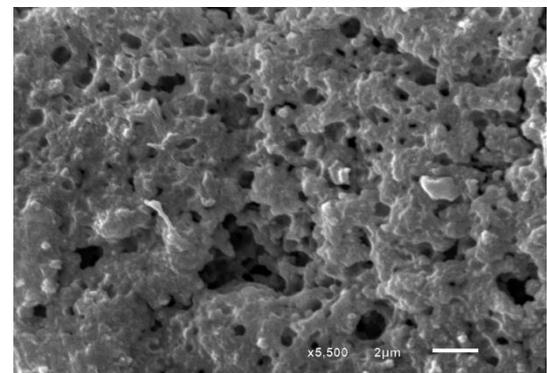
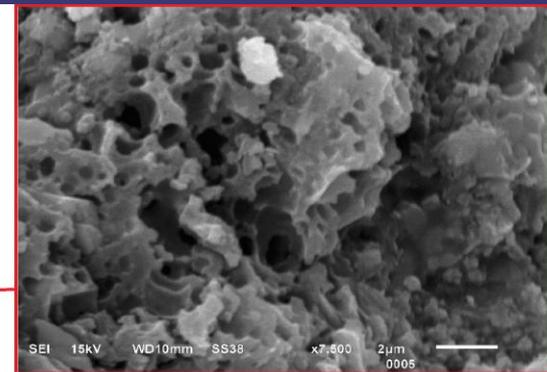
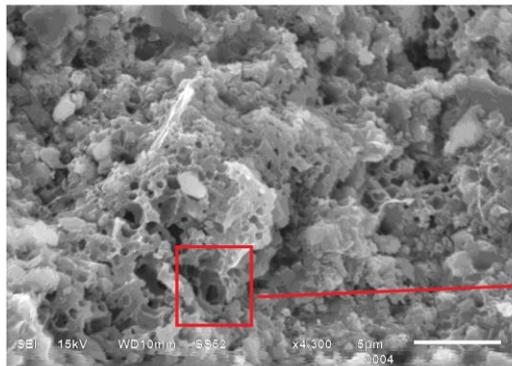
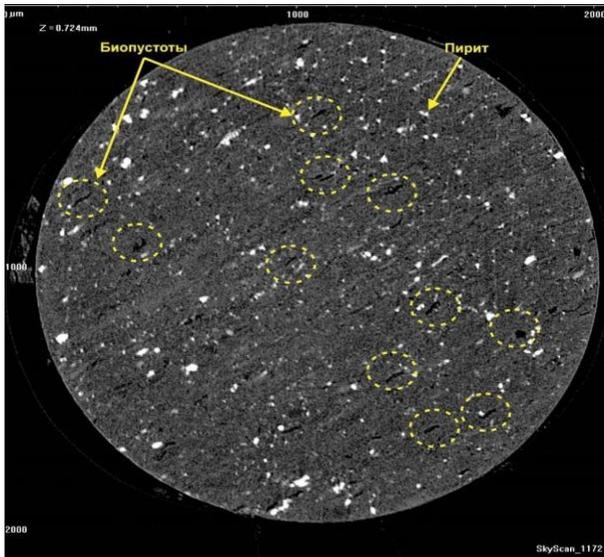


Фото илифа и свечения анилифа в дневном и ультрафиолетовом свете при конфокальной микроскопии



Структура пустотного пространства образца с керогеновой зрелостью

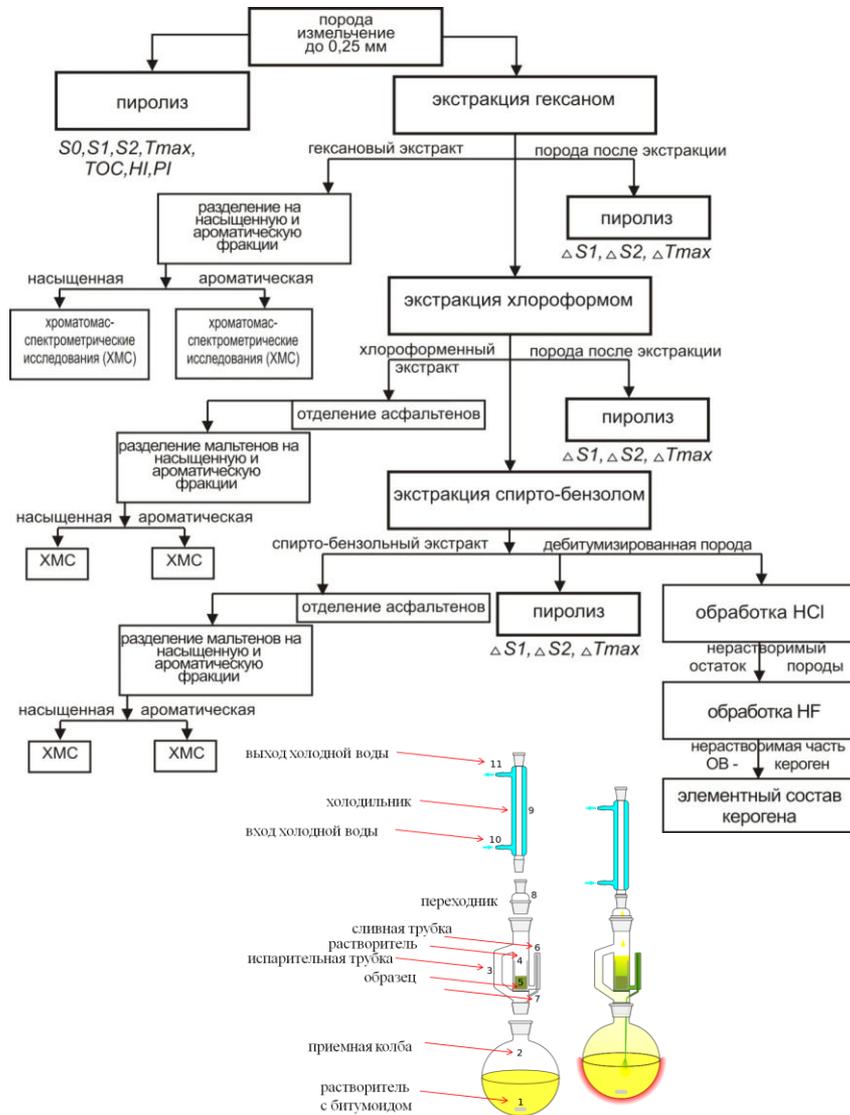


Плотностное рентгеновское сечение образца глинисто-кремнистой породы
 $K_n = 9,45\%$ $K_{np} = 2,56$ мД

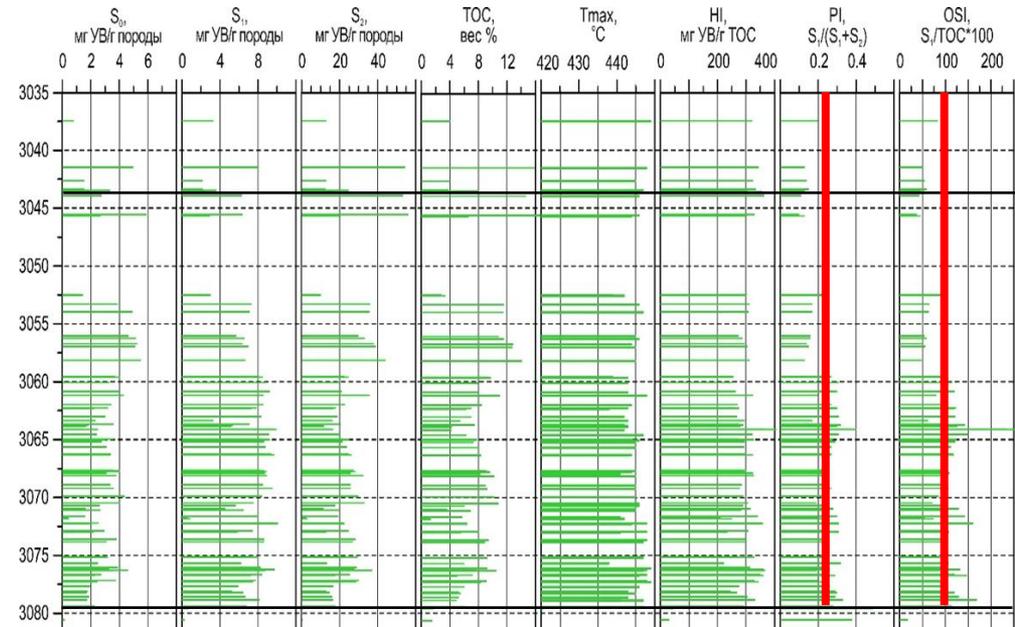
Микрофотографии и 3D модели высокопреобразованных керогеново-глинистых силицитов



Геохимические исследования керна для подсчёта запасов и ресурсов БС



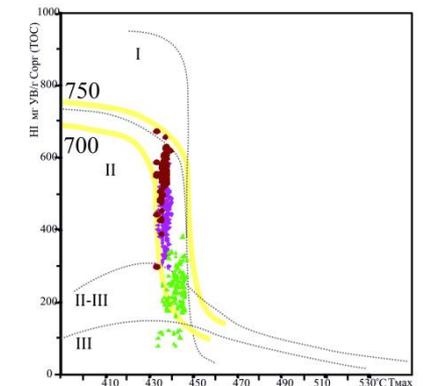
Методика геохимических исследований



Геохимический карттаж по данным пиролитических исследований



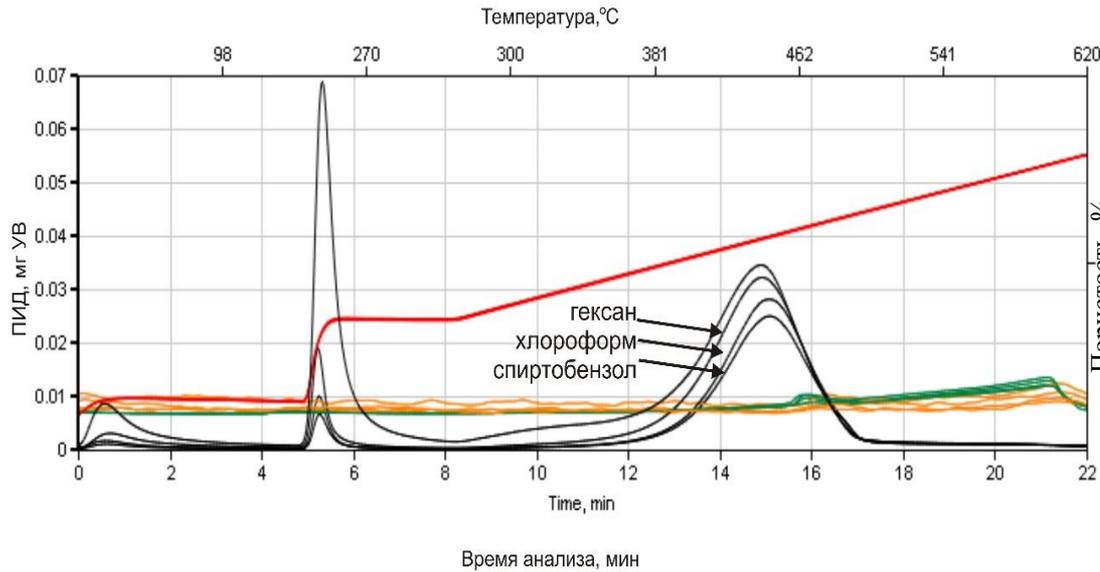
Фотографии цилиндров для определения состава и количества УВС в порошом пространстве



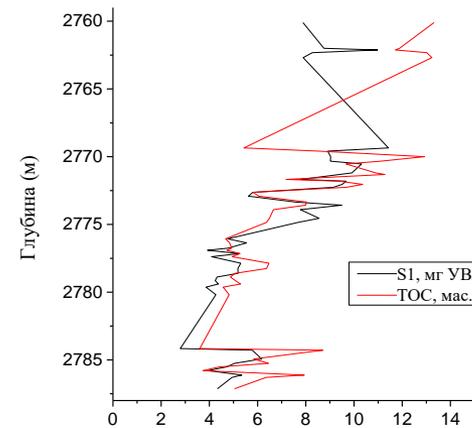
Модифицированная диаграмма Ван-Кревелена



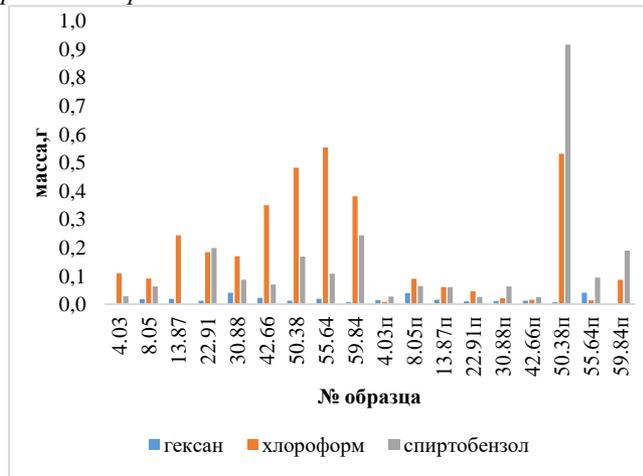
Геохимические исследования керна для подсчёта запасов и ресурсов БС



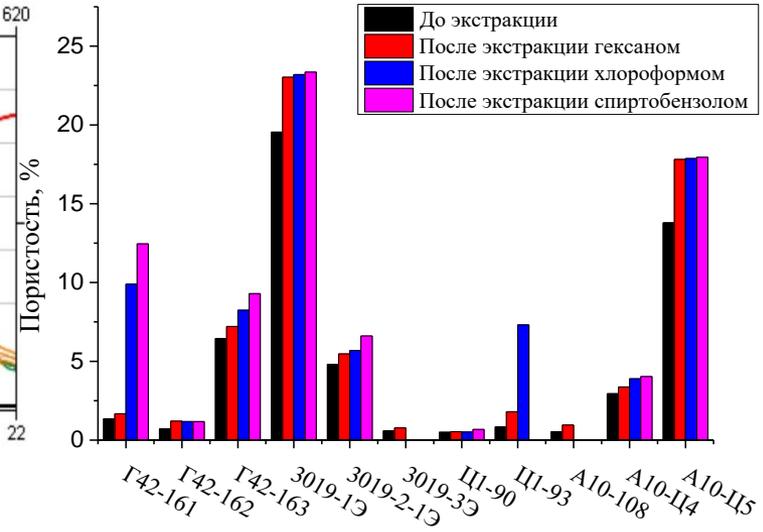
Пирограмма образца керогеново-глинисто-кремнистой породы до экстракций и после экстракции гексаном, хлороформом и спиртобензолом



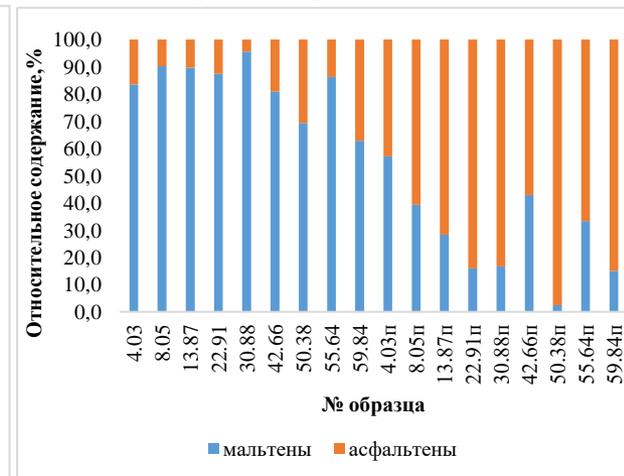
«Кроссовер» эффект для поиска нефтенасыщенных прослоев



Соотношение масс экстрактов, выделившихся на каждом этапе экстракции, где п – порошки



Изменение пористости в результате последовательной экстракции образцов



Массовые доли мальтенов и асфальтенов в хлороформных экстрактах, где п – порошки

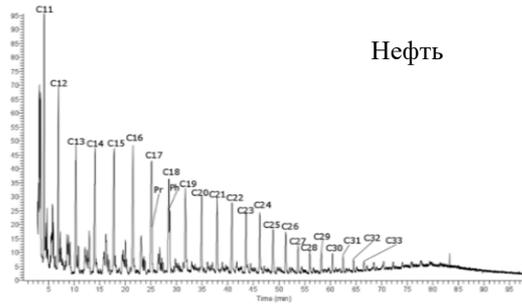


Особенности распределения углеводородных соединений в поровом пространстве БС

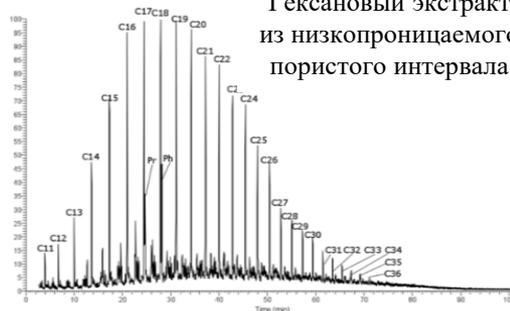


m/z 85

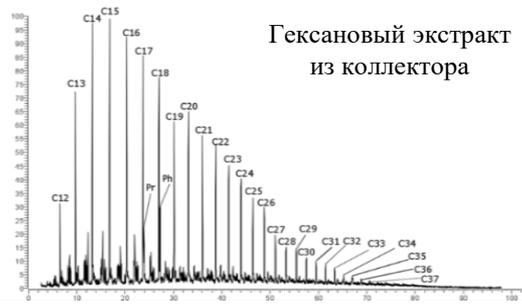
Нефть



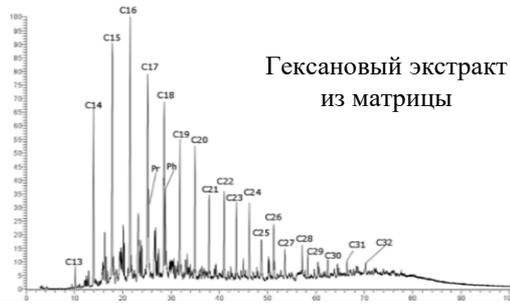
Гексановый экстракт из низкопроницаемого пористого интервала



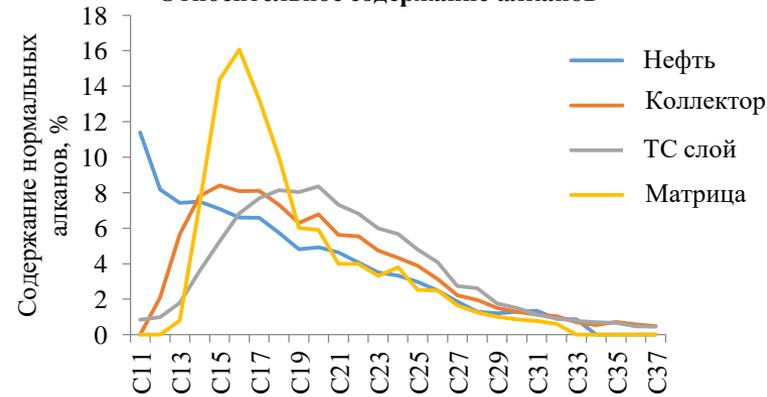
Гексановый экстракт из коллектора



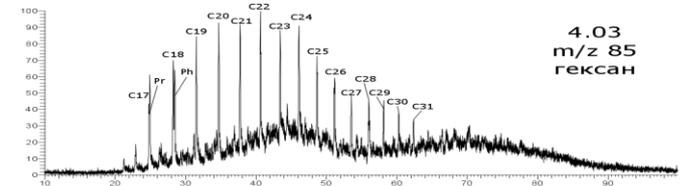
Гексановый экстракт из матрицы



Относительное содержание алканов

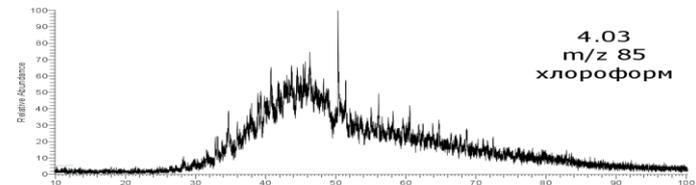


Распределение нормальных алканов в нефти и гексановых экстрактах

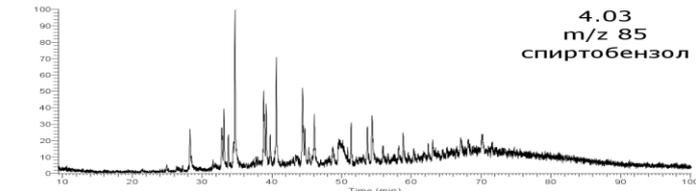


4.03
m/z 85
гексан

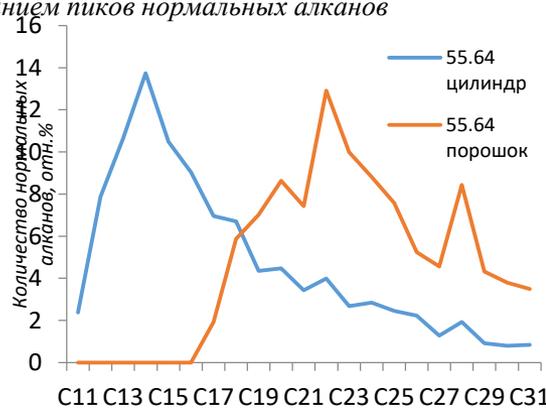
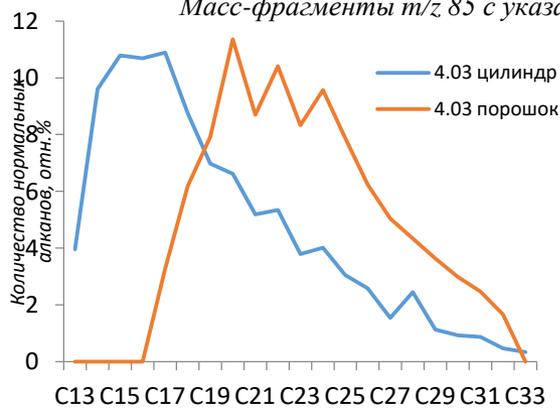
4.03
m/z 85
хлороформ



4.03
m/z 85
спиртобензол



Масс-фрагменты m/z 85 с указанием пиков нормальных алканов



Распределение нормальных алканов в гексановых экстрактах из открытых и закрытых пор в глинисто-кремнисто-карбонатных породах БС

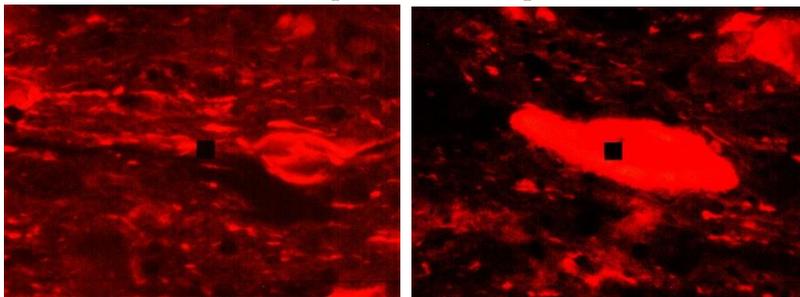
Масс-фрагменты m/z 85 с указанием пиков нормальных алканов для экстрактов из закрытых пор



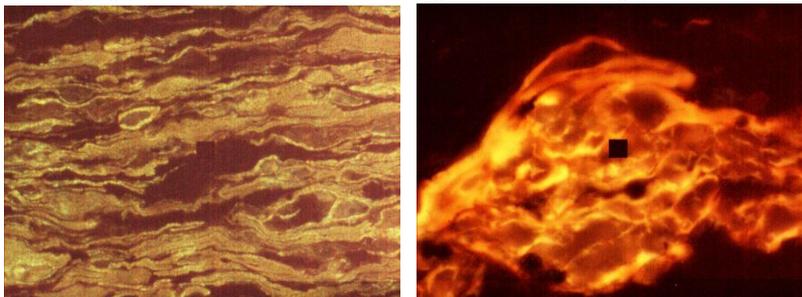
Особенности распределения углеводородных соединений в поровом пространстве БС



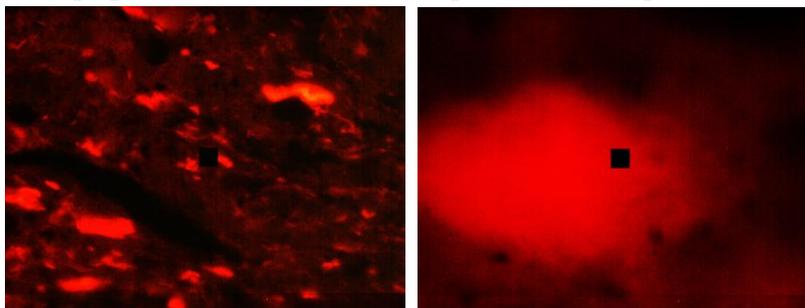
Фотографии смешанной породы в ультрафиолетовом свете под конфокальным микроскопом



Фотографии керогеново-глинисто-кременистой породы в ультрафиолетовом свете под конфокальным микроскопом

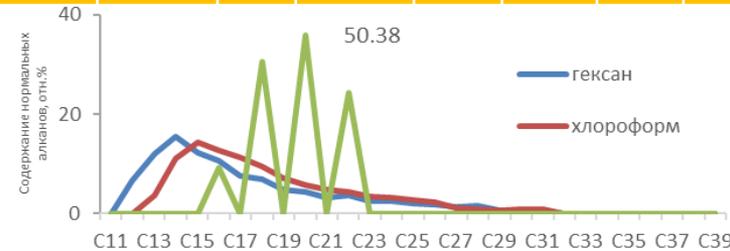


Фотографии керогеново-глинисто-кременистой породы в ультрафиолетовом свете под конфокальным микроскопом

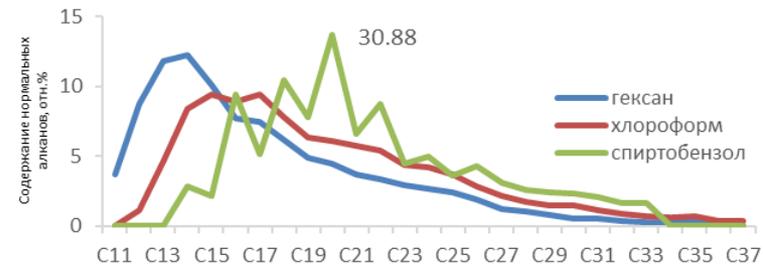


Содержание нормальных алканов в экстрактах

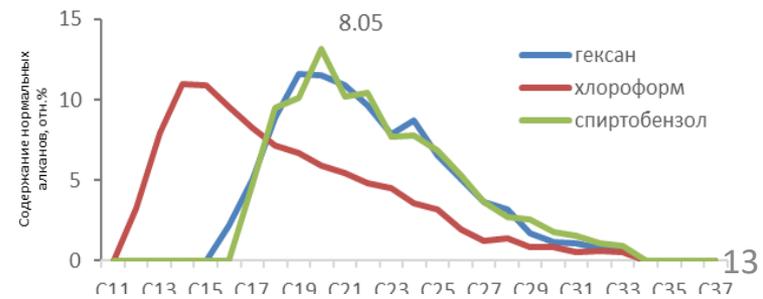
Обр.	Кремнезём	Глины	Карбонаты	Пирит	Альбит	Апатит	ОВ
№50.38	30.34	27.09	4.84	5.19	8.55	0.00	23.99



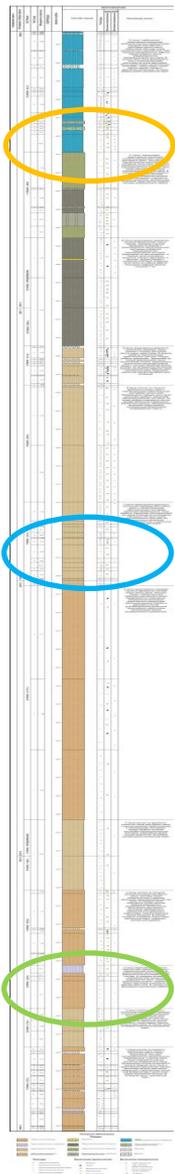
Обр.	Кремнезём	Глины	Карбонаты	Пирит	Альбит	Апатит	ОВ
№30.88	30.33	28.19	7.81	5.21	17.34	0.00	10.89



Обр.	Кремнезём	Глины	Карбонаты	Пирит	Альбит	Апатит	ОВ
№8.05	39.62	19.33	9.68	1.94	8.67	10.15	9.78

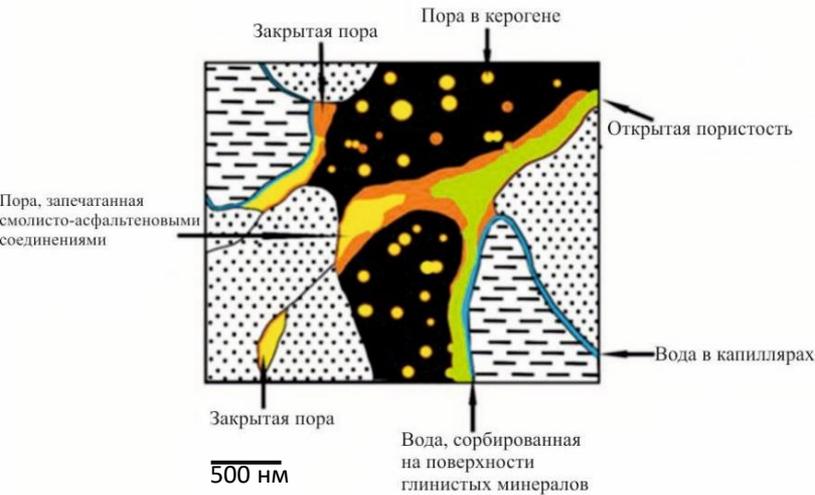


Скважина Губкинская



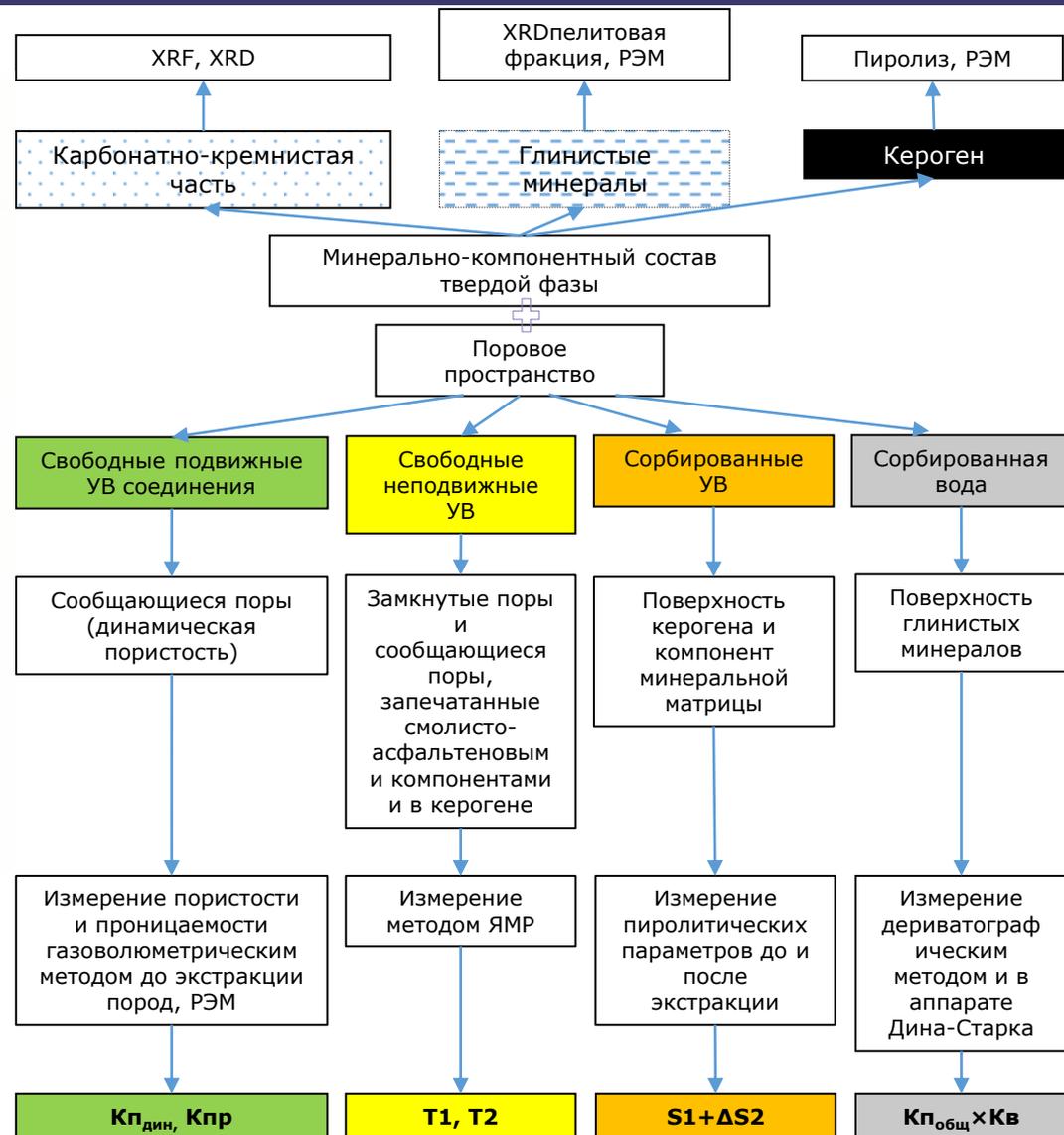


Модель порового пространства и насыщающих флюидов



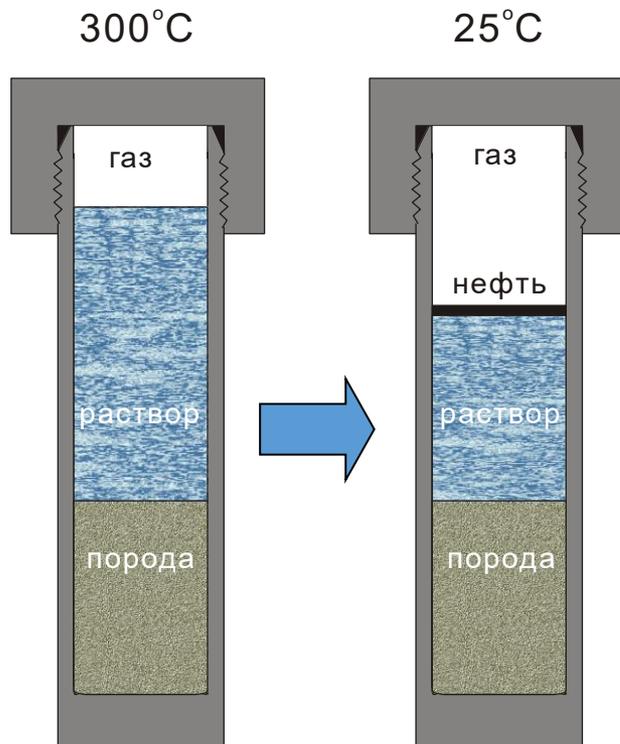
- Подвижная нефть, заполняющая динамическое поровое пространство
- Свободная неподвижная нефть
- Физически связанные углеводороды и гидротермальные соединения
- Кероген
- Глинистые минералы
- Карбонатно-кремнистая часть матрицы

Модель порового пространства и насыщающих флюидов для пород баженовской свиты (Калмыков, Билибин, 2015)





Проведение экспериментов по получению синтетической нефти из образцов БС



- В автоклав помещается порода (частицы <3 мм) и вода или водный раствор различных реагентов
- Давление в автоклаве составляло 50-300 атм (определяется коэффициентом заполнения).
- Нагрев производится в трубчатой печи с терморегулятором. Температура поддерживалась 200-500°C
- Нефтяная фаза экстрагируется гексаном и отделяется в делительной воронке
- Выход углеводородов нефтяных фракций определяется весовым методом
- Для сравнения полученной «синтетической» нефти с натуральной нефтью может быть выполнен сверхчувствительный хроматографический анализ

Условия создания давления в автоклавах

Температура, °С	300
Необходимое объёмное заполнение, %	75,1
Давление, атм	300

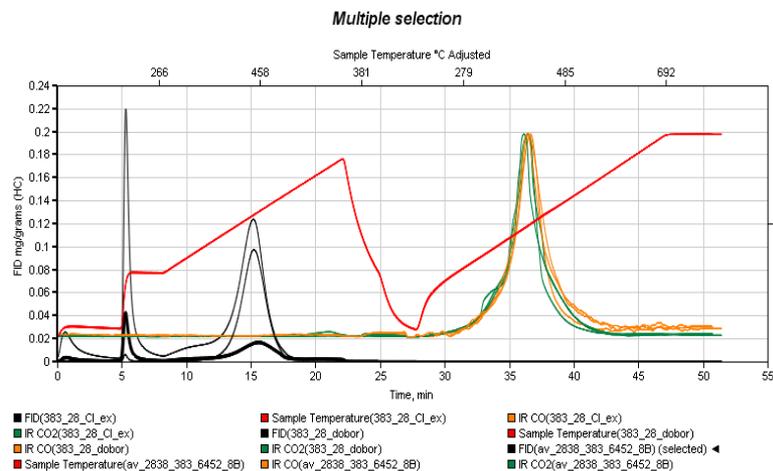


Сравнение различных типов ресурсов БС



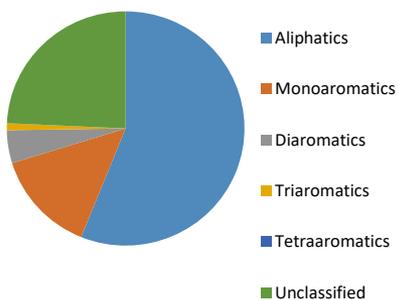
Таблица с пиролитическими характеристиками исследуемого образца: исходного, после экстракции и после теплового воздействия

Параметры	S1	S2	ТОС	HI	Катагенез
	мг УВ/г породы	мг УВ/г породы	мас. %	мг УВ/г ТОС	
Исходный образец	9.73	26.39	8.42	325	МК2
После экстракции хлороформом	0.18	17.23	5.79	297	МК2
После теплового воздействия	1.89	5.83	6.26	93	МК4

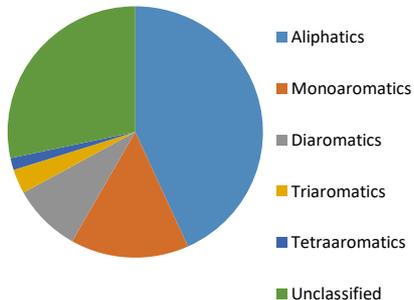


Пирограмма исследуемого образца: исходного, после экстракции и после теплового воздействия

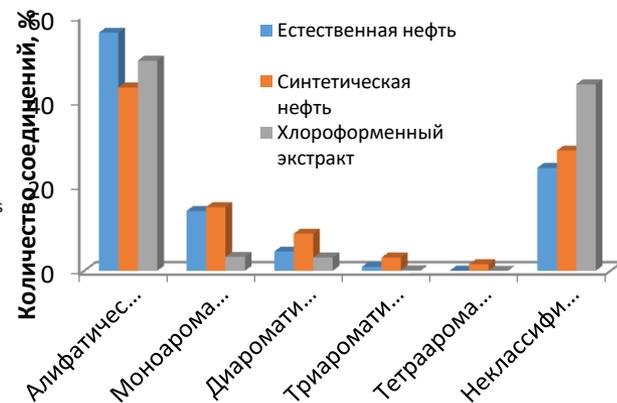
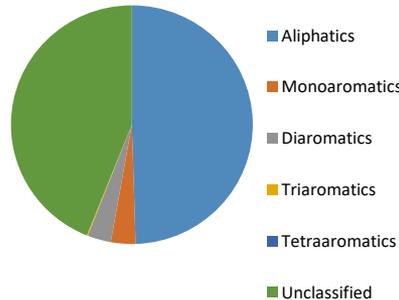
Нефть (%)



Синт. нефть (%)



Хл. экстракт 3 (%)



Круглые диаграммы содержания компонентов в естественной нефти, синтезированной нефти и хлороформном экстракте

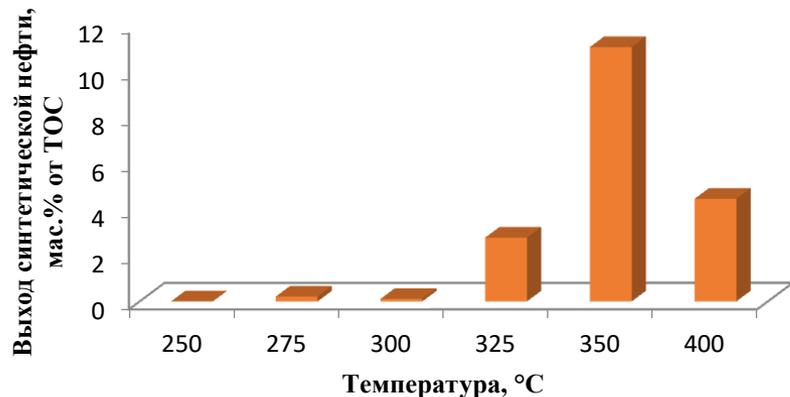
Различие в составе естественной нефти, синтетической нефти и экстракта из образца баженовской свиты МК3.



Влияние условий теплового воздействия при пластовых давлениях (300 атм) на количество выделяющейся синтетической нефти



Влияние температуры воздействия на количество синтезированной нефти за 10 ч, ПКЗ



Влияние времени на количество синтезированной нефти при 300°C, ПКЗ

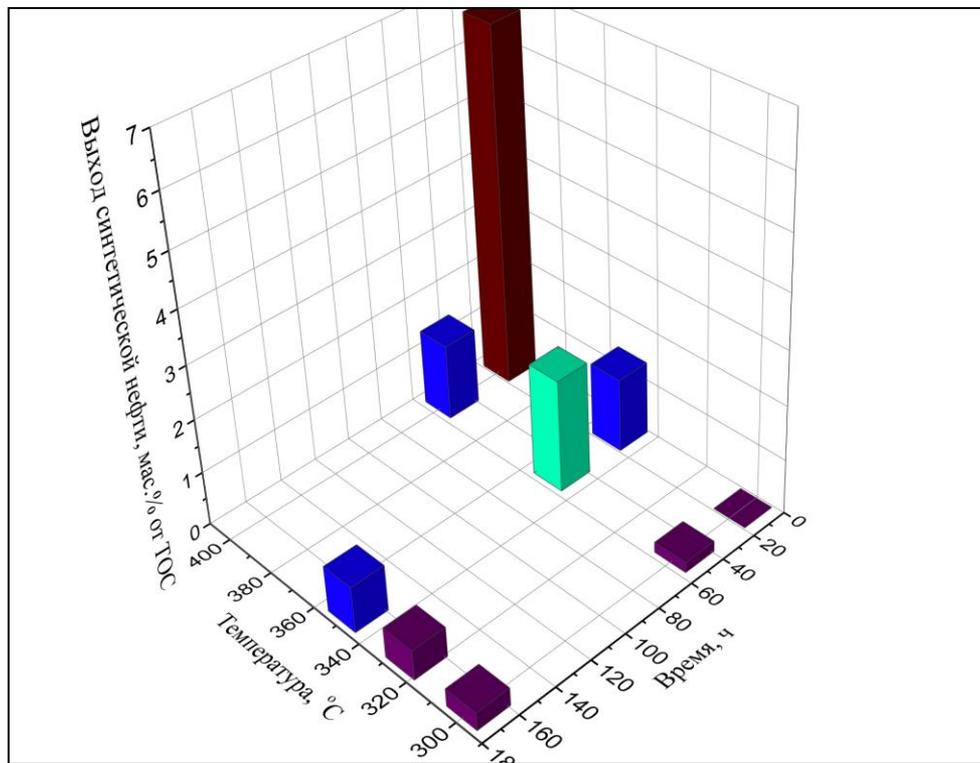
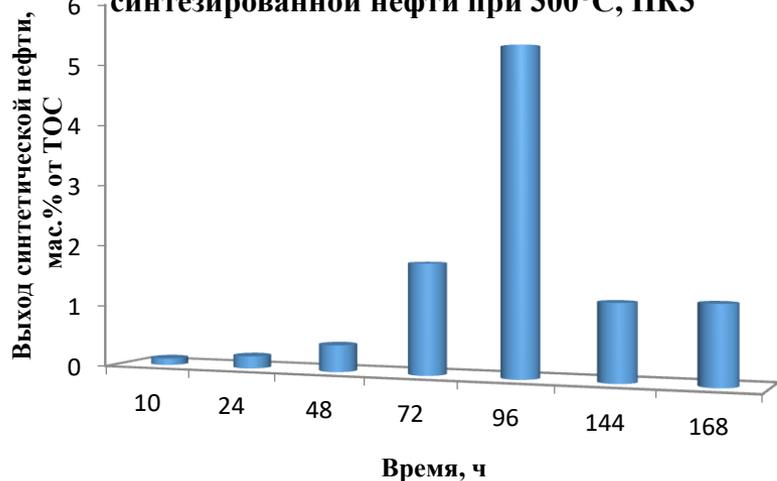
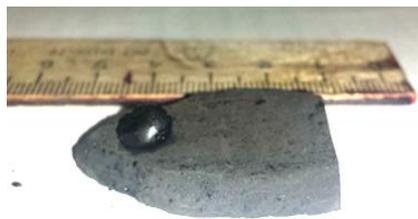


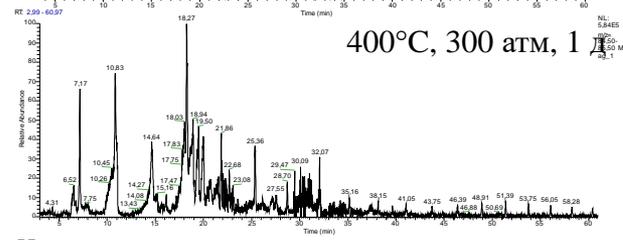
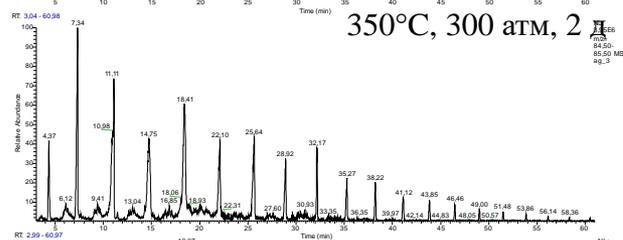
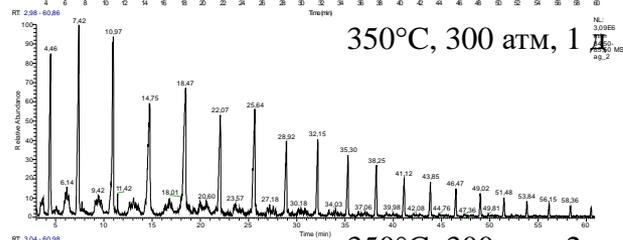
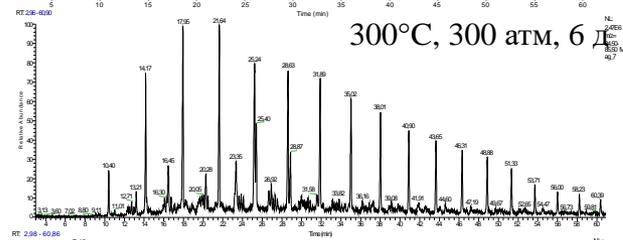
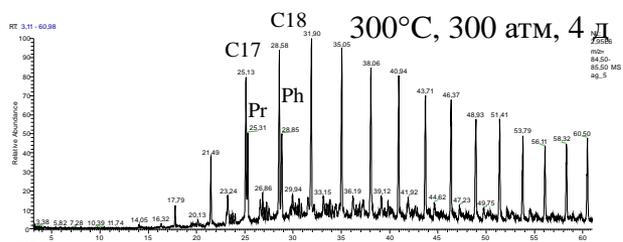
График зависимости количества синтезированной нефти в мас.% от количества ТОС при изменении времени нагрева и температуры, давление 300 атм., МК2-3



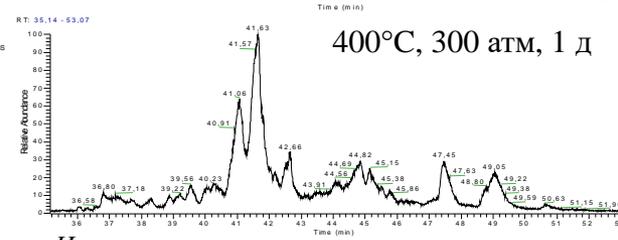
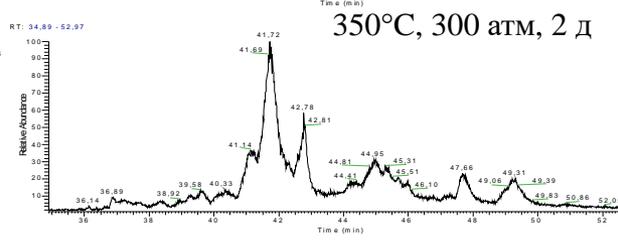
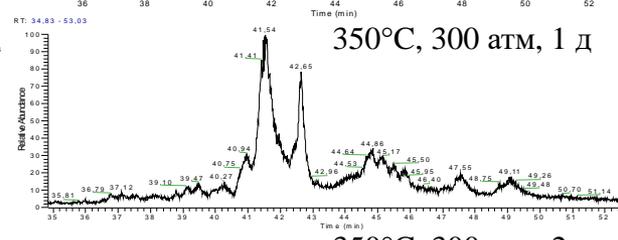
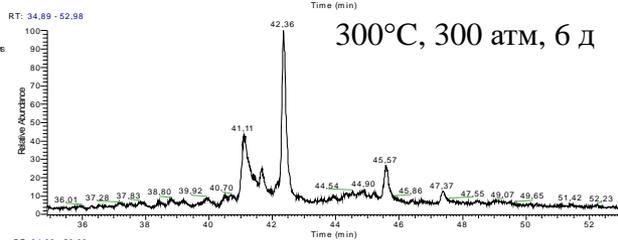
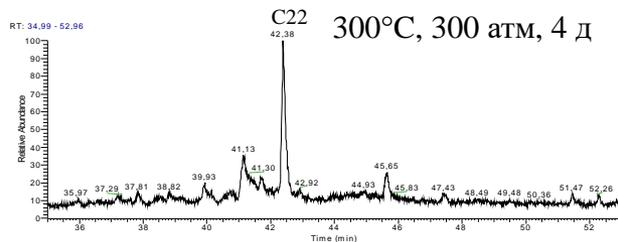
Фотография битума, выделившегося после синтеза нефти



Влияние условий теплового воздействия на состав синтетической нефти

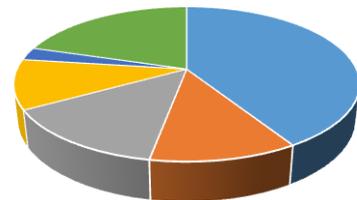


Изменение состава n-алканов в зависимости от условий синтеза (m/z 85)

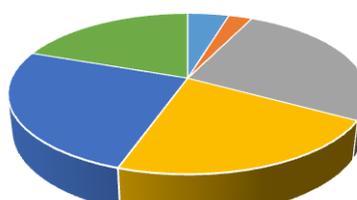


Изменение состава стеранов в зависимости от условий синтеза (m/z 217)

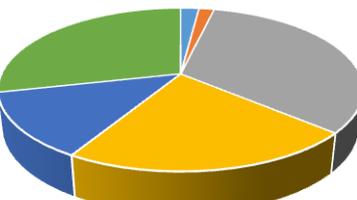
Синтетическая нефть_300-85-1 (МК3)



Синтетическая нефть_350-300-2 (МК2-3)



Синтетическая нефть_325-300-10ч (ПК3)



- Алифатические
- Диароматические
- Тетраароматические
- Моноароматические
- Триароматические
- Неклассифицированные

Круглые диаграммы процентного содержания компонентов в нефтях, полученных при разных условиях

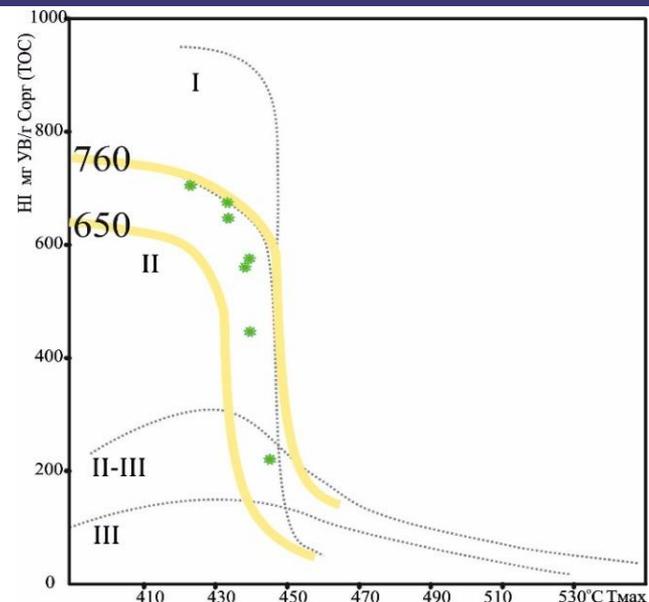


Моделирование преобразования органического вещества (керогена) при тепловом воздействии

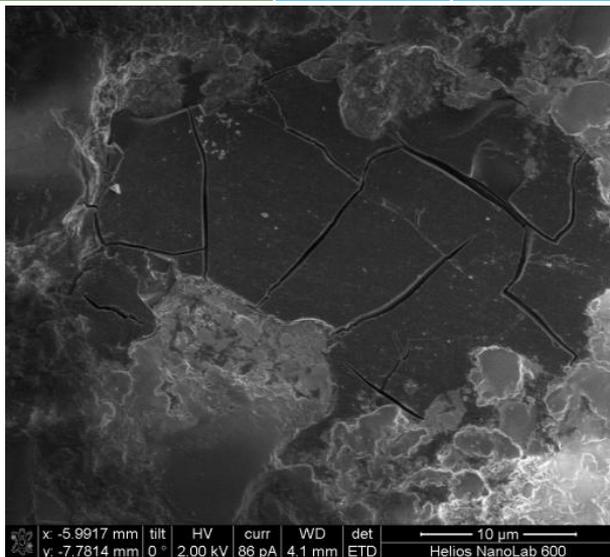


Таблица с пиролитическими характеристиками образцов после синтеза нефти при разных температурах

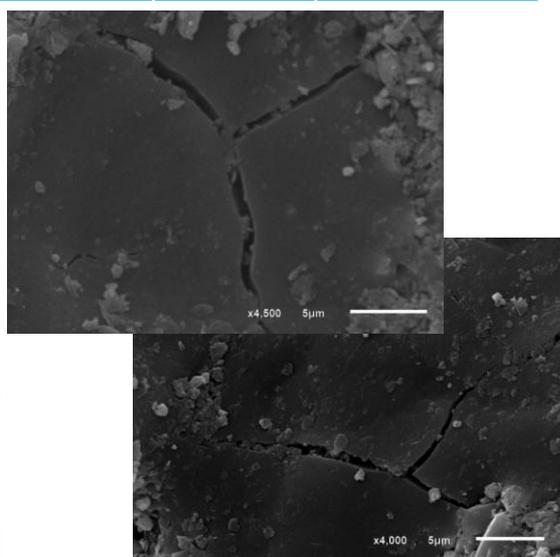
Параметры	S1	S2	ТОС	НП	Катагенез
	мг УВ/г породы	мг УВ/г породы	мас. %	мг УВ/г ТОС	
Исходный	4.05	77.81	11.04	775	ПК3
250°C	3.93	80.50	11.17	721	ПК3
300°C	4.26	51.35	7.73	665	ПК3-МК1
350°C	9.56	13.22	6.48	204	МК4
400°C	4.68	5.82	5.84	100	МК4



Модифицированная диаграмма Ван Кревелена



РЭМ изображение керогена в образце на стадии зрелости МК3



РЭМ изображение керогена после теплового воздействия

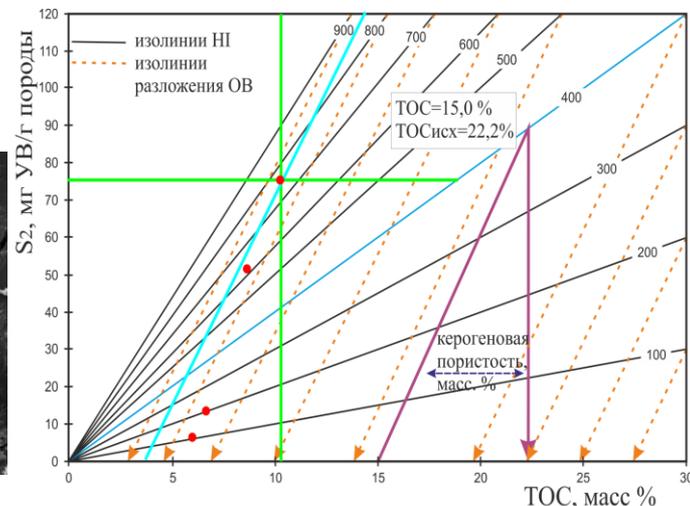
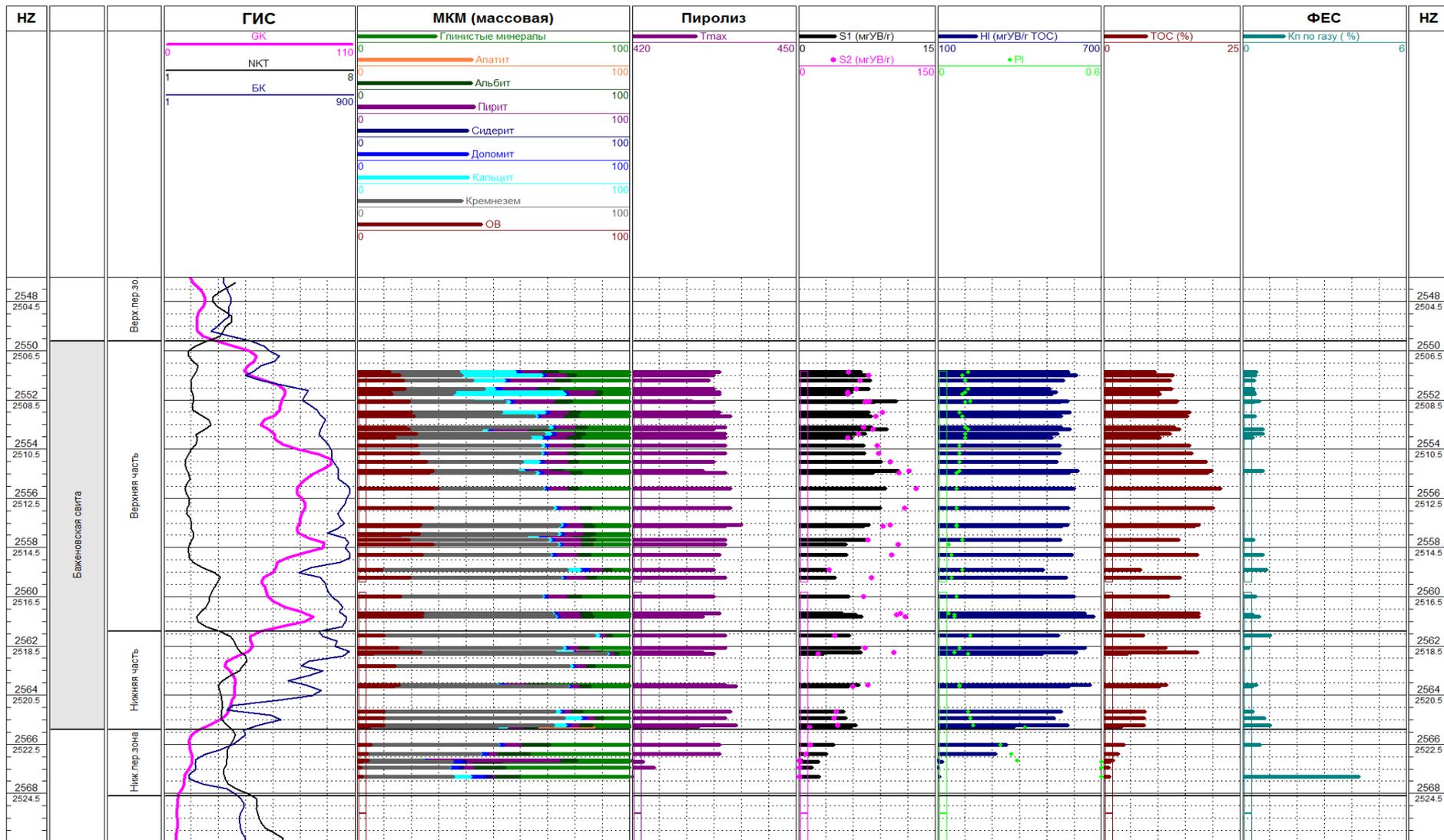


График Жарви



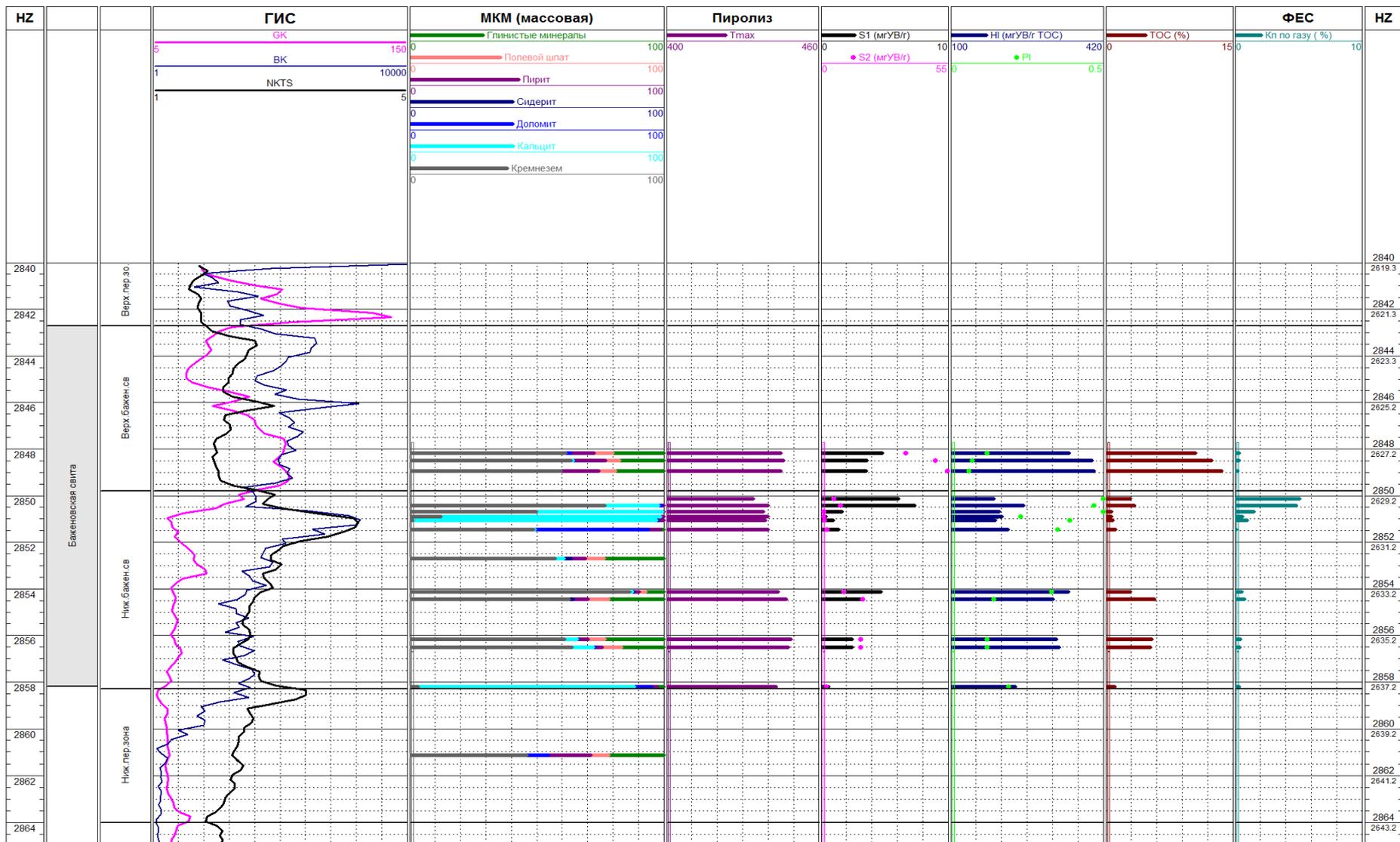
Изучение строения разрезов БС, сформировавшихся при различных условиях



Геолого-геофизический планшет по скважине Нижневартовского свода



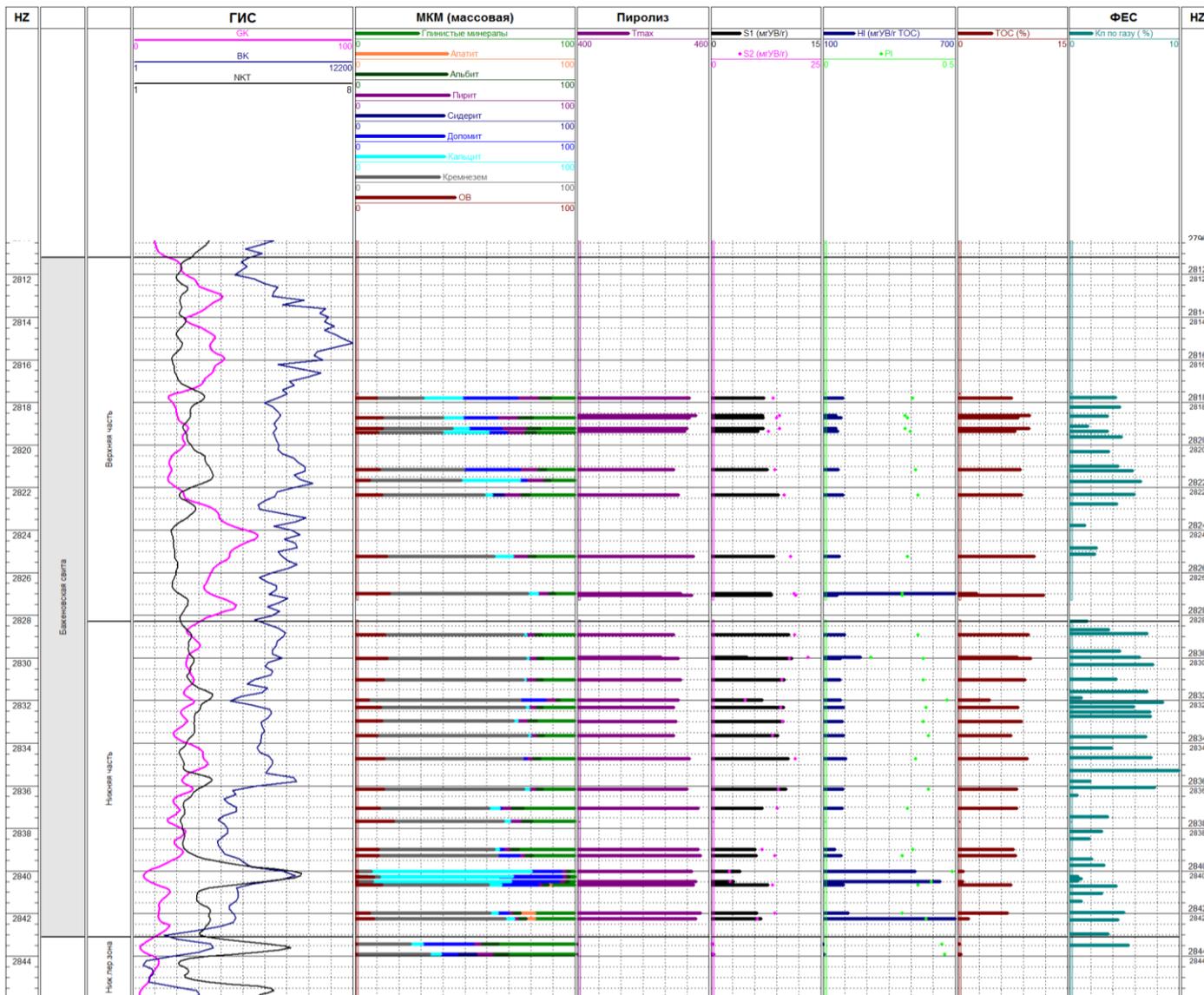
Изучение строения разрезов БС, сформировавшихся при различных условиях



Геолого-геофизический планшет по скважине Елизаровского прогиба



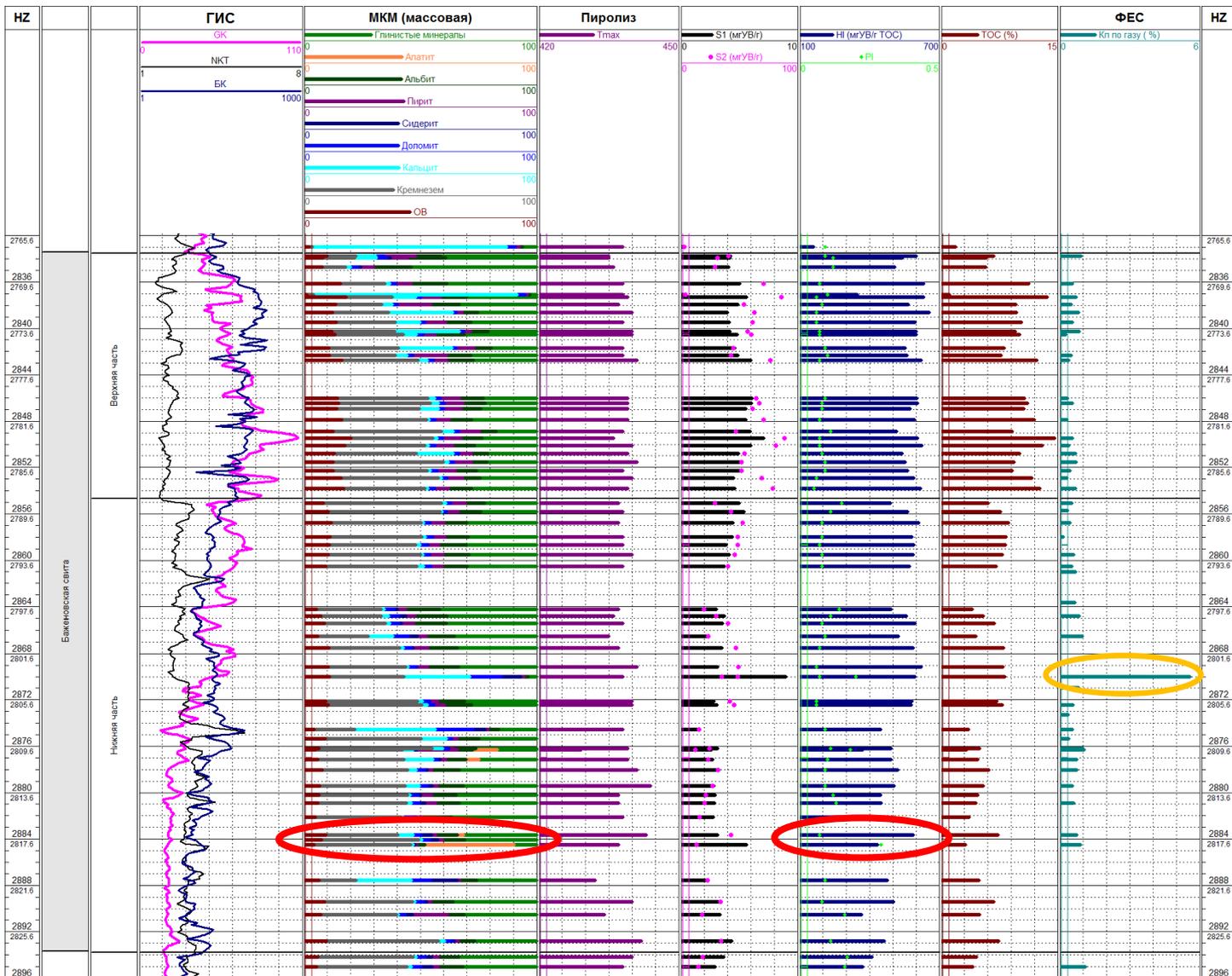
Изучение строения разрезов БС, сформировавшихся при различных условиях



Геолого-геофизический планшет по скважине Салымского мегавала



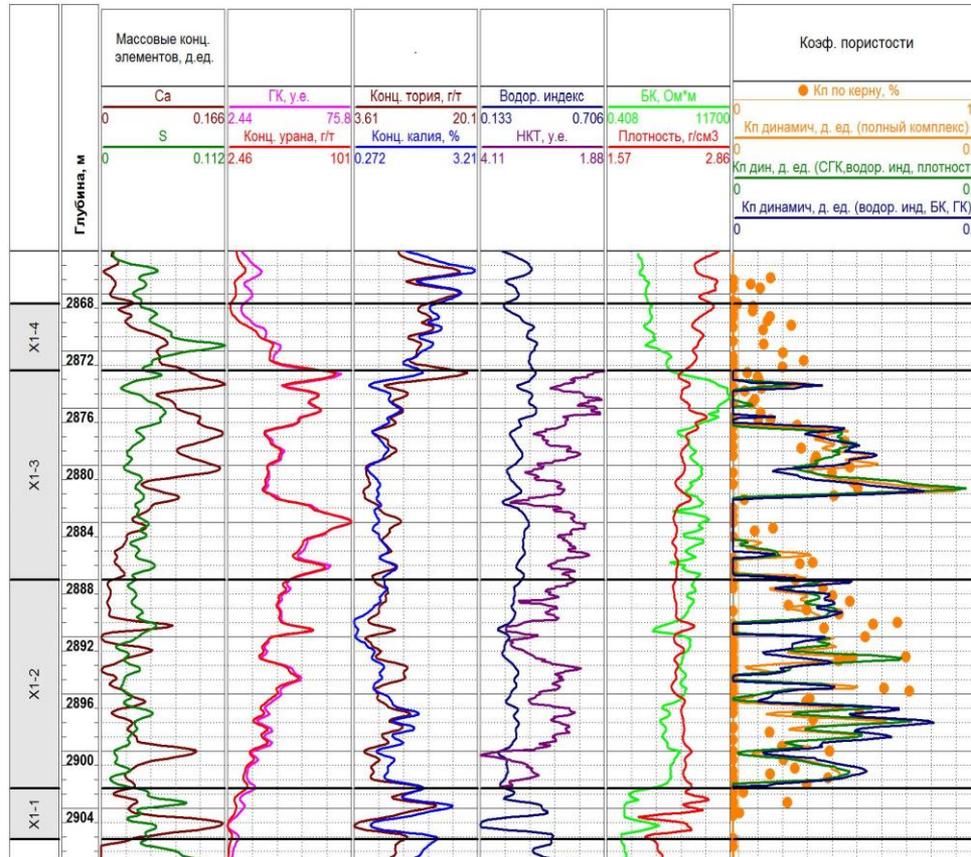
Изучение строения разрезов БС, сформировавшихся при различных условиях



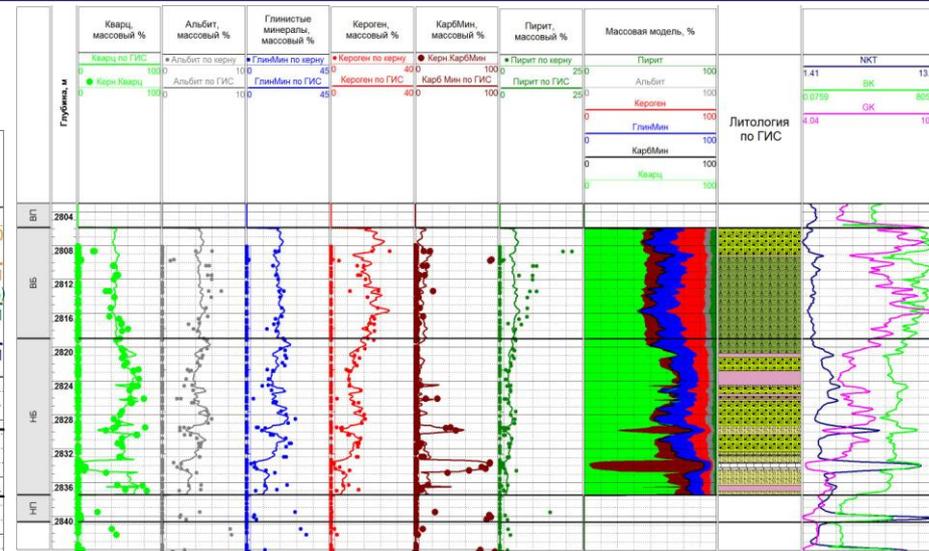
Геолого-геофизический планшет по скважине Вынгаупского мегавала



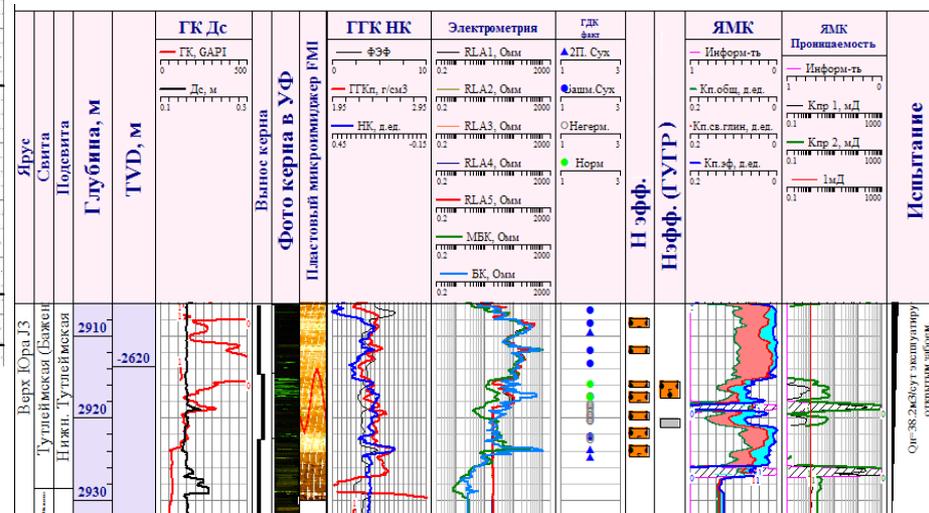
Определение различных характеристик на основании результатов ГИС



Определение пористости пород БС на основании данных ГИС



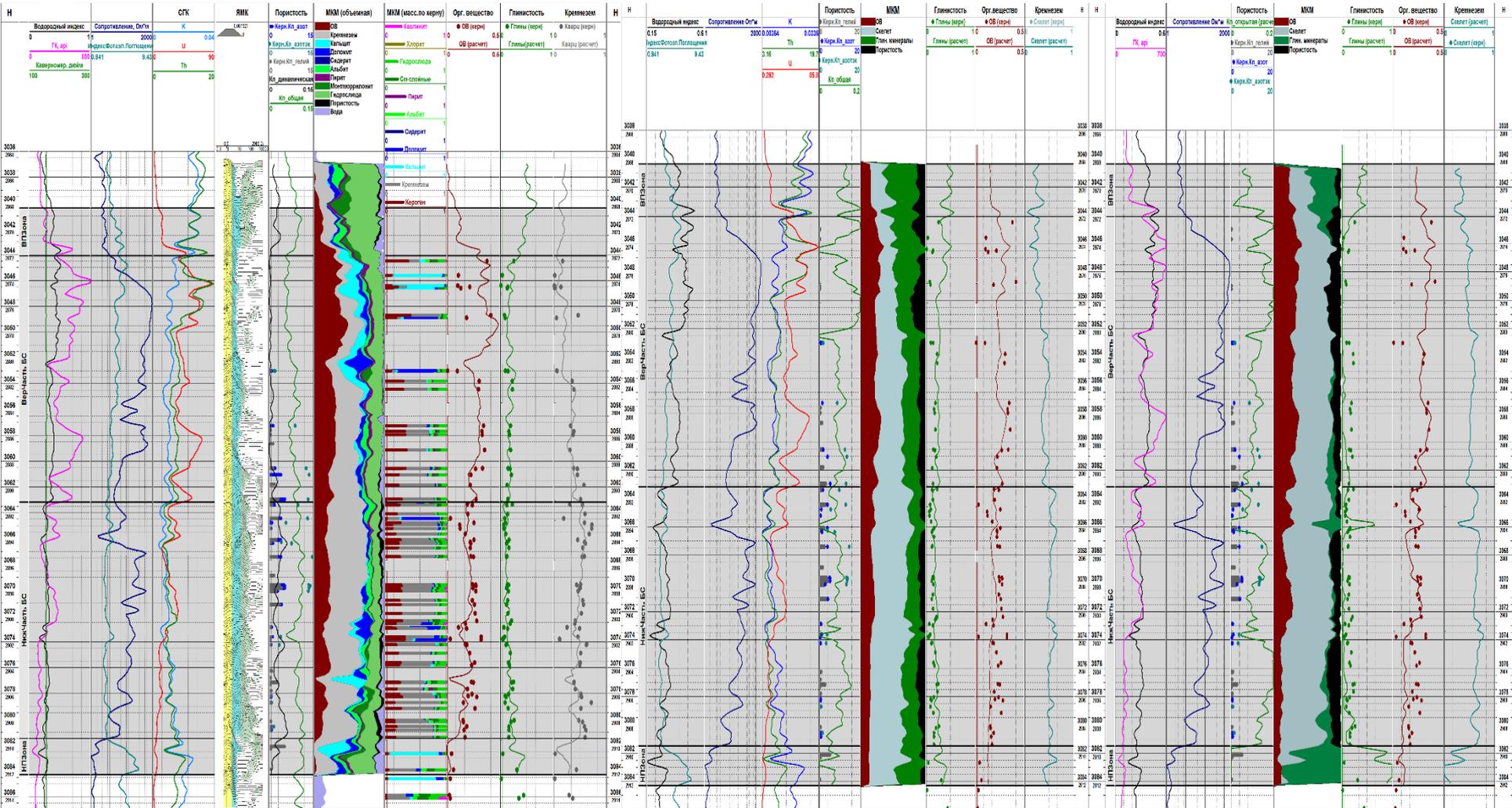
Определение состава пород по данным ГИС



Выделение продуктивных интервалов



Интерпретация различных комплексов ГИС



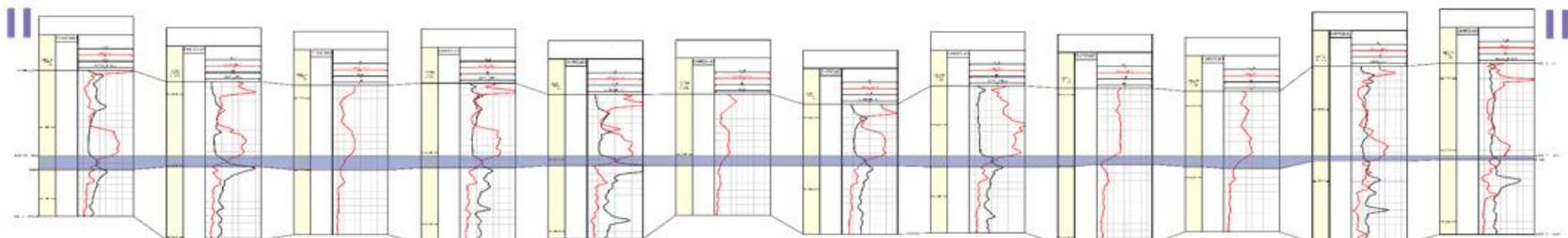
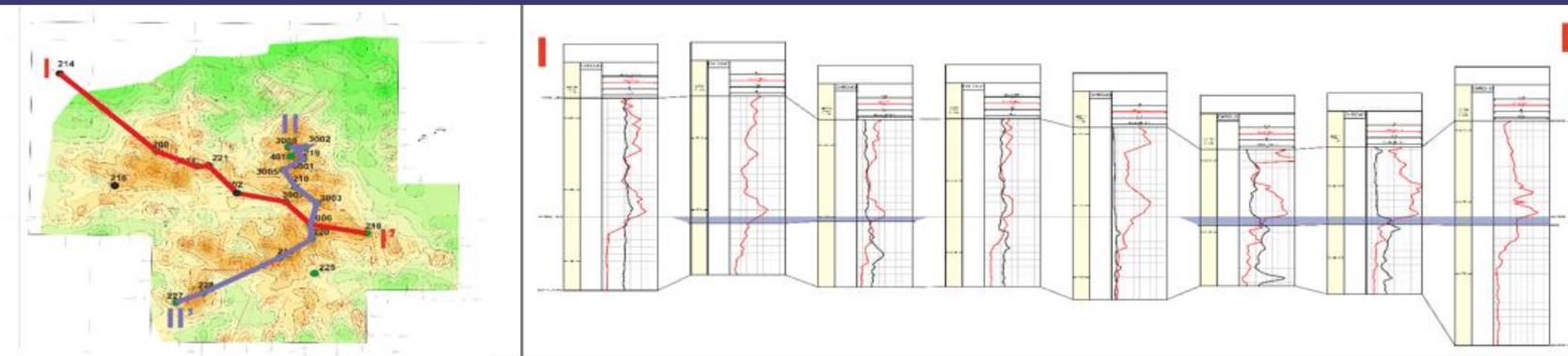
Пример расширенного комплекса ГИС и его интерпретация

Пример стандартного разведочного комплекса ГИС и его интерпретация

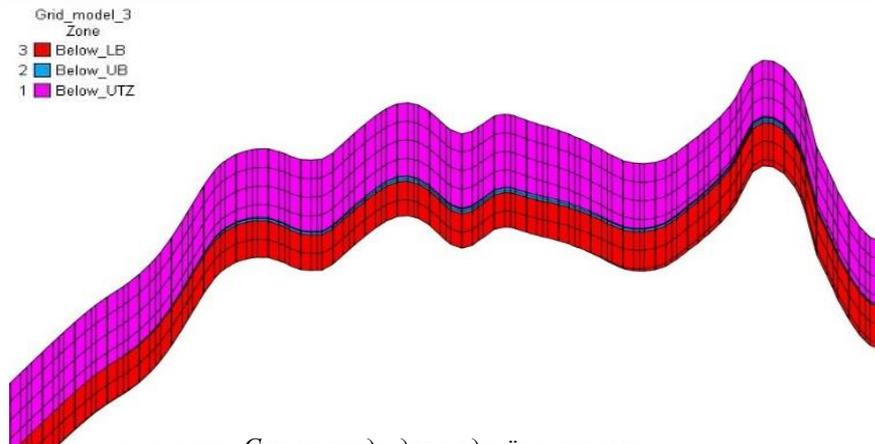
Пример стандартного эксплуатационного комплекса ГИС и его интерпретация



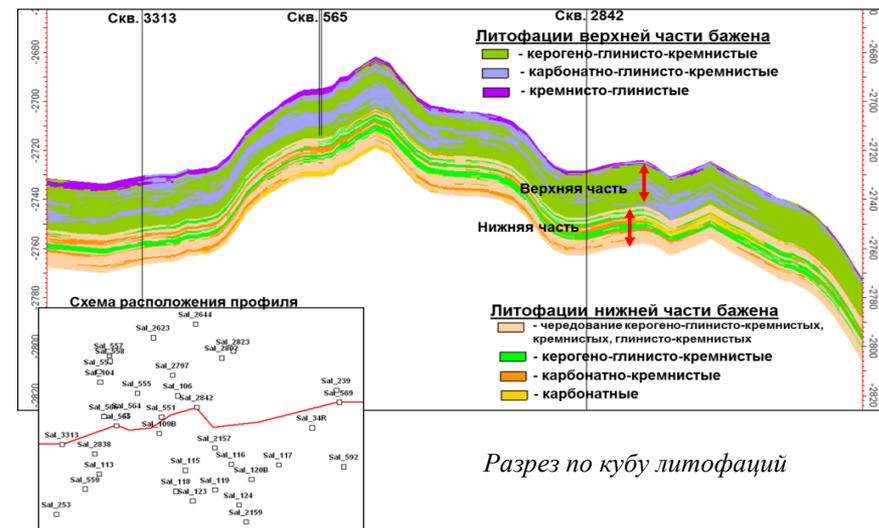
Построение геологических моделей



Корреляция скважин месторождения



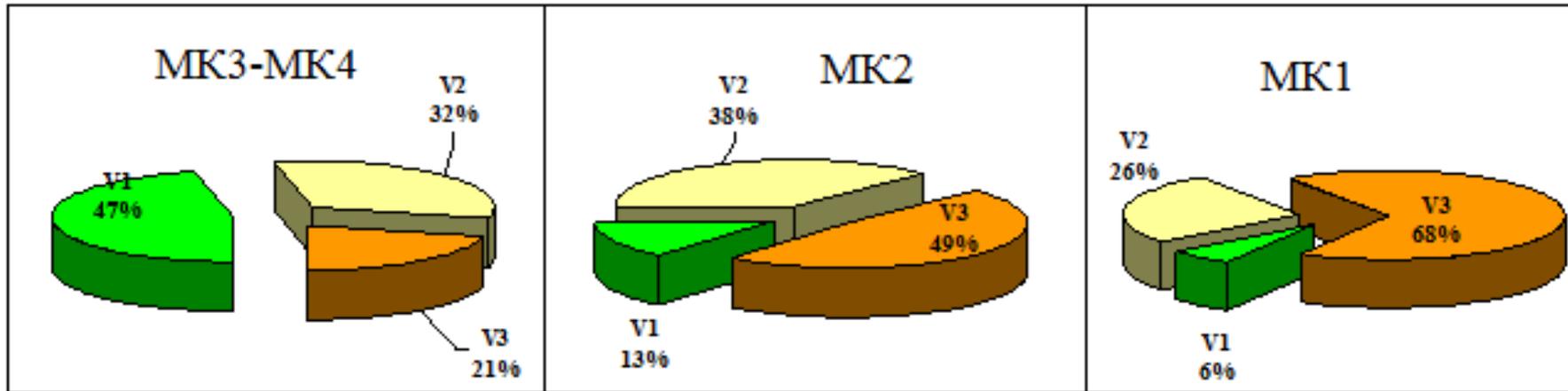
Сетка грида для подсчёта запасов



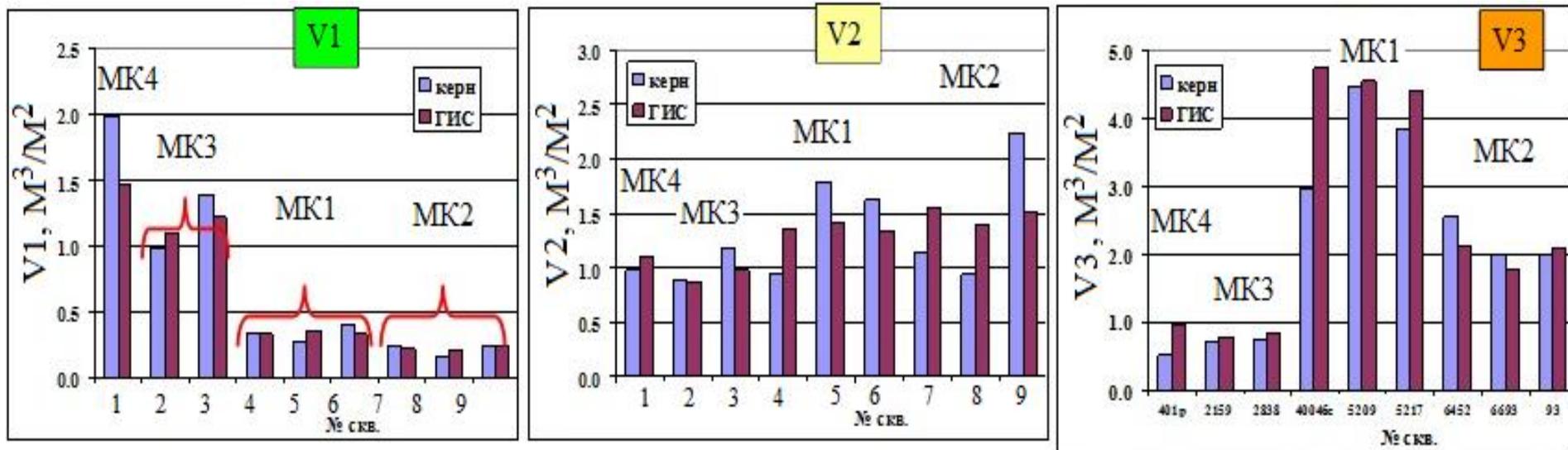
Разрез по кубу литофаций



Подсчёт запасов по комплексу ГИС



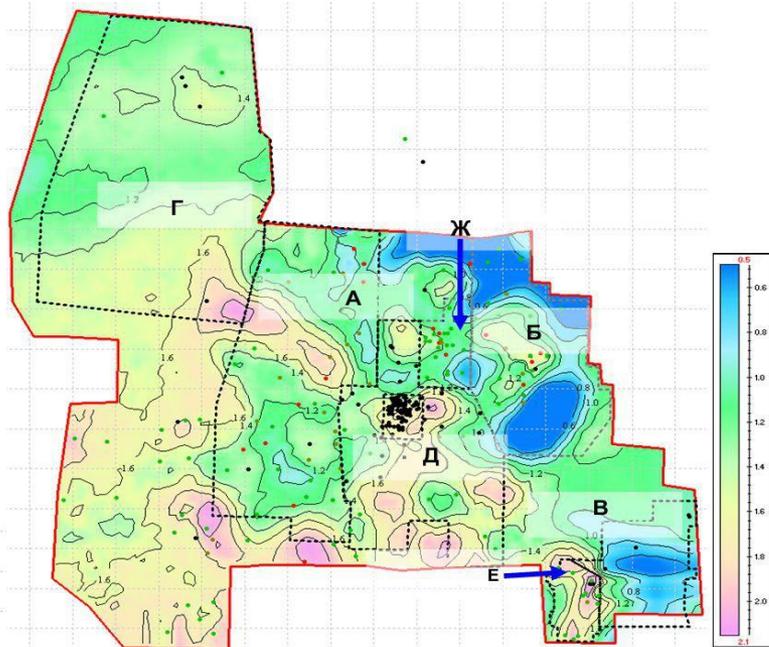
Соотношение линейных объемов нефти разных типов по скважинам, находящимся на разной стадии катагенеза



Сопоставление линейных объемов измеренных по керну и результатам интерпретации ГИС а) - подвижной (V1), высвобождаемой (V2) и «синтетической» (V3) нефти

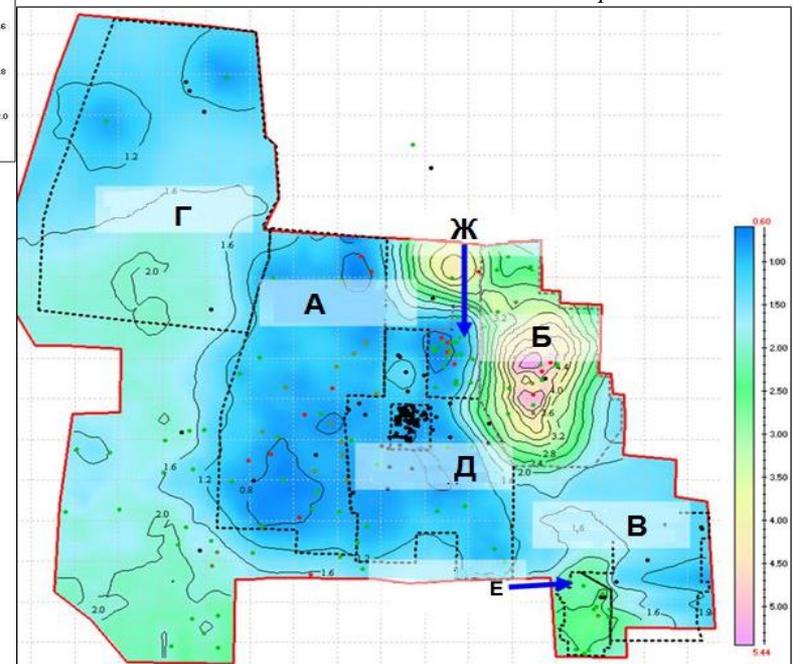
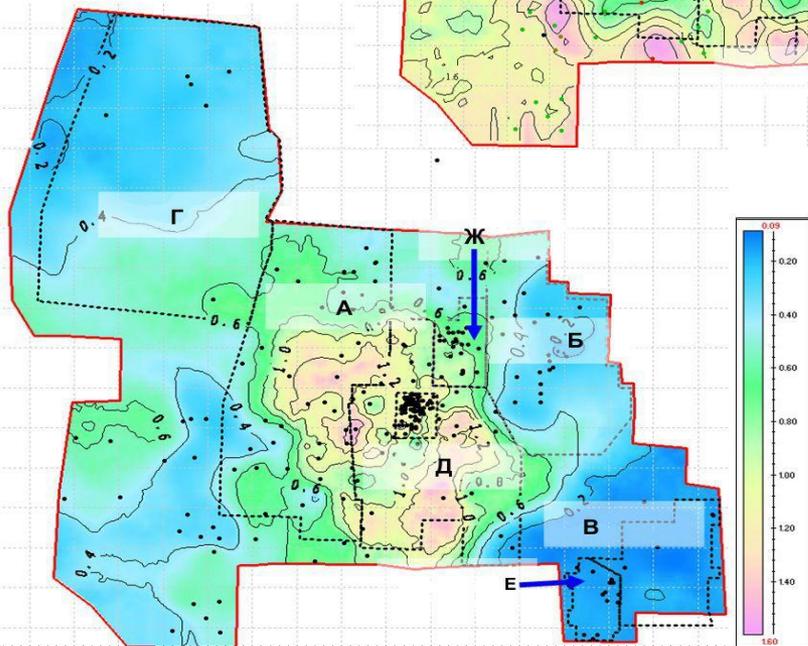


Построение карт запасов по комплексу ГИС



Карта линейных ресурсов
высвобождаемой нефти

Карта подвижных
линейных запасов нефти
(свободной нефти)



Карта линейных ресурсов
«синтетической» нефти



Заключение



- Баженовская свита имеет сложную структуру, изменяющуюся по разрезу и латерали.
- В баженовской свите могут встречаться коллекторы, пористость которых превышает 3%, а проницаемость с поправкой Клинкенберга более 0,004 мД. Пористые прослои могут быть представлены радиоляритами, керогеновой пористостью органического вещества на высокой стадии зрелости, а также фосфоритовыми прослоями. Пористость в коллекторах БС может достигать 25%.
- В формировании коллекторских интервалов в БС основную роль играют вторичные процессы, которые могут приводить к растворению минеральных компонентов или преобразованию органического вещества в результате локального прогрева. Подтверждением протекания вторичных процессов являются наличие в минеральной матрице коллекторов частиц кварца вместо аморфных опала и холцедона, карбонатизация пород, а также присутствие в породах, особенно в поровом пространстве радиоляритов, частиц каолинита.
- Формирование нефти из органического вещества происходит в первую очередь в открытых порах. В закрытых порах органическое вещество находится на низких стадиях преобразованности за счёт отсутствия возможности отвода сформировавшихся углеводородных соединений из зоны реакции.
- Корреляция керн-ГИС позволяет настроить интерпретацию ГИС данных для определения литологического состава пород, их пористости, содержания ОВ, выявления перспективных зон изучения изменчивости свойств баженовской свиты по площади.
- Синтетическая нефть может быть получена при гидротермальном воздействии на породы БС, максимум выхода продукта происходит при температурах более 300°C-350°C в закрытых автоклавах в присутствии воды. Условия проведения экспериментов и характеристики пород (состав, зрелость ОВ) существенно влияют на процесс формирования нефти. Варьированием условий проведения экспериментов можно влиять на состав получаемых синтетических нефтей.

Спасибо за внимание!