

Технология прогноза нефтенасыщенных интервалов в разрезах ДЮК на основе геохимических исследований шлама скважин

Ноябрь 2022 г.

Смирнова Н.А.
Зав. ЛГМНГ ТПУ

Актуальность

- Разработка альтернативных подходов к выделению коллекторов наряду со стандартными видами исследований в сложнопостроенных геологических объектах ДЮК.
- Сложности в прогнозировании типа насыщения для высокоомных по данным ГИС коллекторов (в частности для карбонатных толщ)
- Оперативность получения результатов в процессе бурения скважин.

Цель: прогноз нефтенасыщенных интервалов по данным геохимических исследований шлама в доюрском комплексе

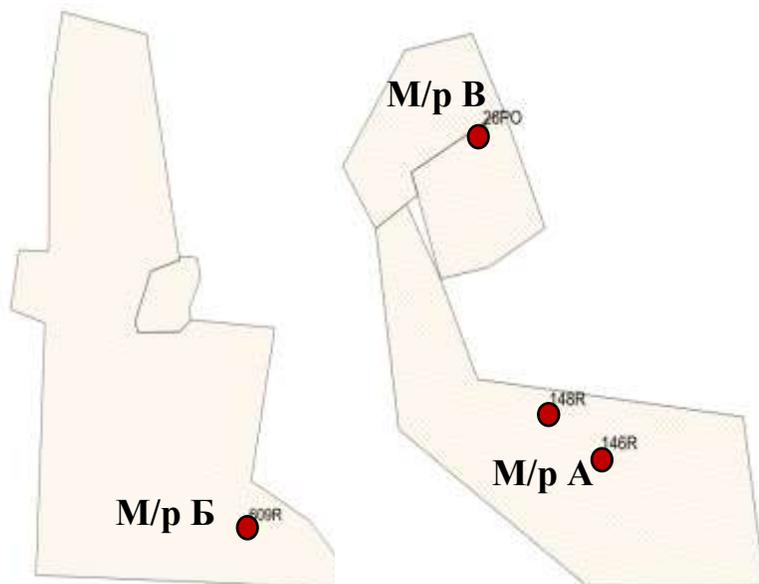
Задачи

- Оценка применимости **технологии прогноза нефтенасыщенных интервалов по данным геохимии шлама** на примере сложнопостроенных карбонатных коллекторов ДЮК;
- Разработка рекомендаций для корректного использования технологии выделения нефтенасыщенных интервалов по данным геохимии шлама в разрезах ДЮК;

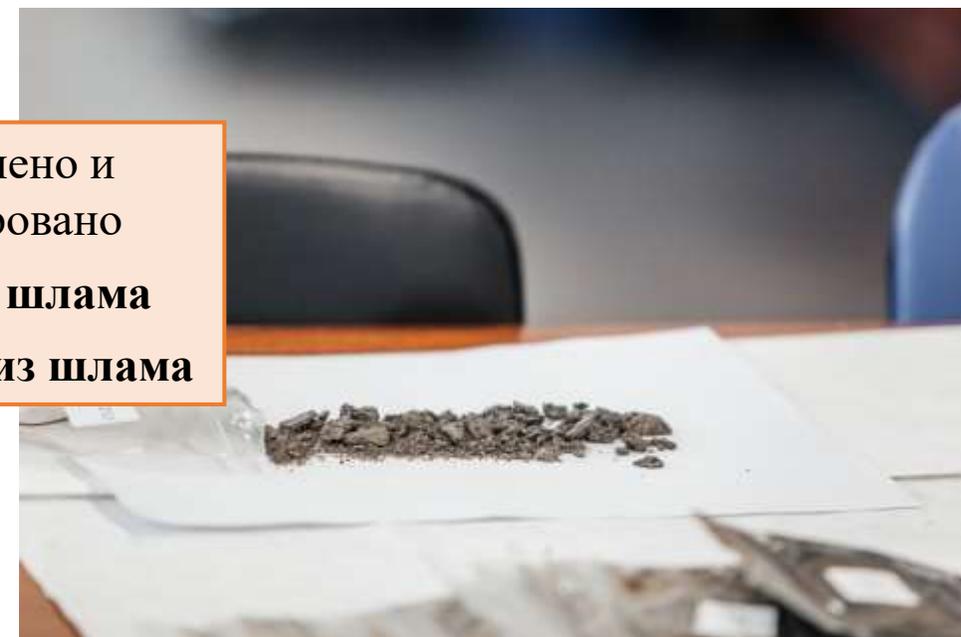


Месторождение, скважина	Год исследования	Объем работ	Используемые методы исследований
Месторождение А	2018	270 обр. шлама	<ul style="list-style-type: none"> • Пиролиз образцов шлама • Экстракция образцов шлама • Хроматомасс-спектрометрический анализ экстрактов из шлама
Месторождение Б	2019	226 обр. шлама	
Месторождение В	2019	547 обр. шлама	
Месторождение А	2020	530 обр. шлама	

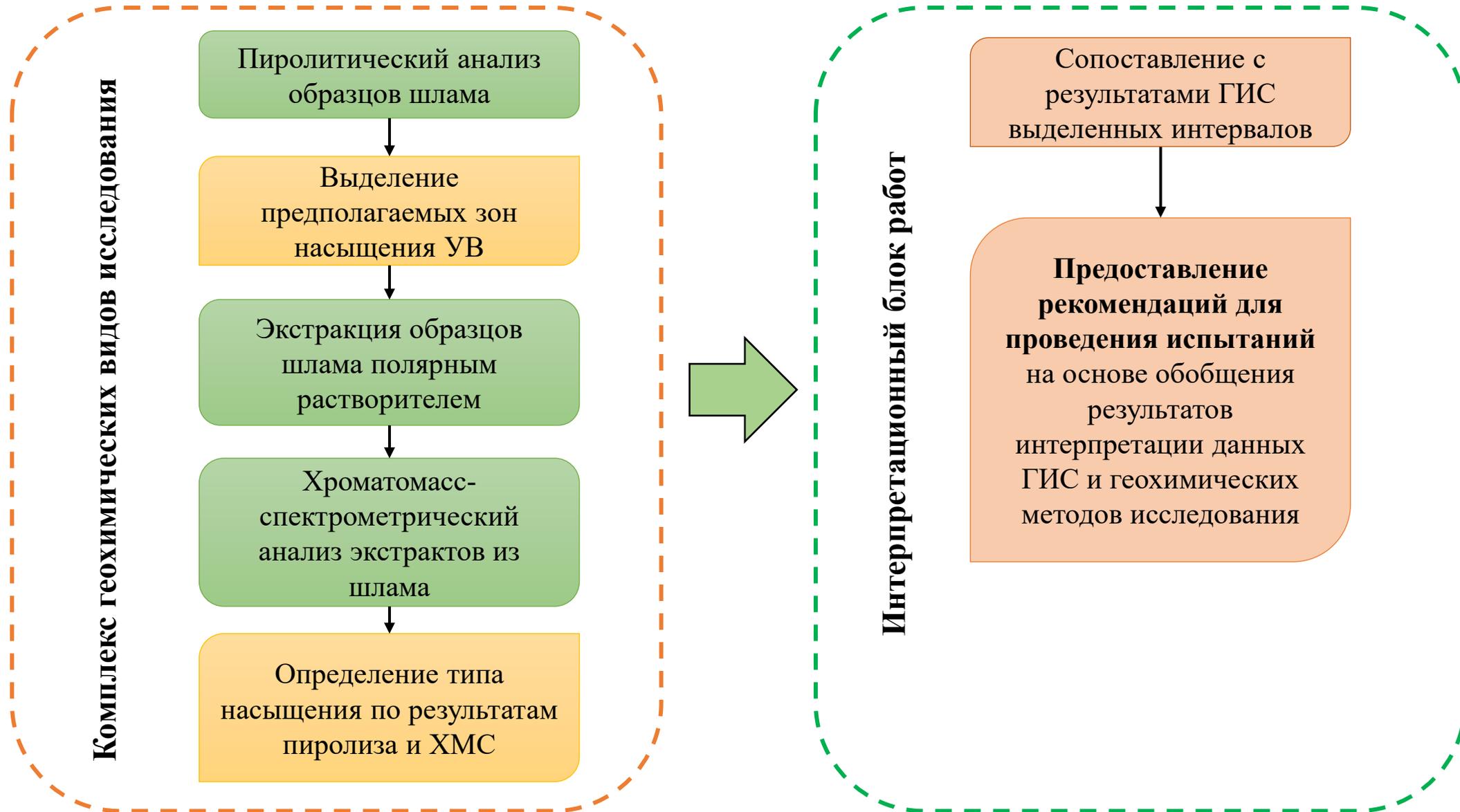
Расположение исследованных скважин на ЛУ



Итого получено и проанализировано
1573 образца шлама
25 экстрактов из шлама



Блок-схема выполнения работ





Прогноз нефтенасыщенных зон:

- представительная выборка по разрезу (1 обр/м);

Определение зон битуминизации и АСПО:

- повышенное содержание непиролизуемого углерода к пиролизуемому, высокие значения пика S_{2b}

Прогнозирование притоков воды:

- косвенный метод, повышенное содержание смолистых компонентов в зоне ВНК

Определение интервалов притока газа:

- возможен прогноз притока газа при совместном притоке с другими видами УВ (жидкими)

Пиролиз

Выделение зон насыщения УВ

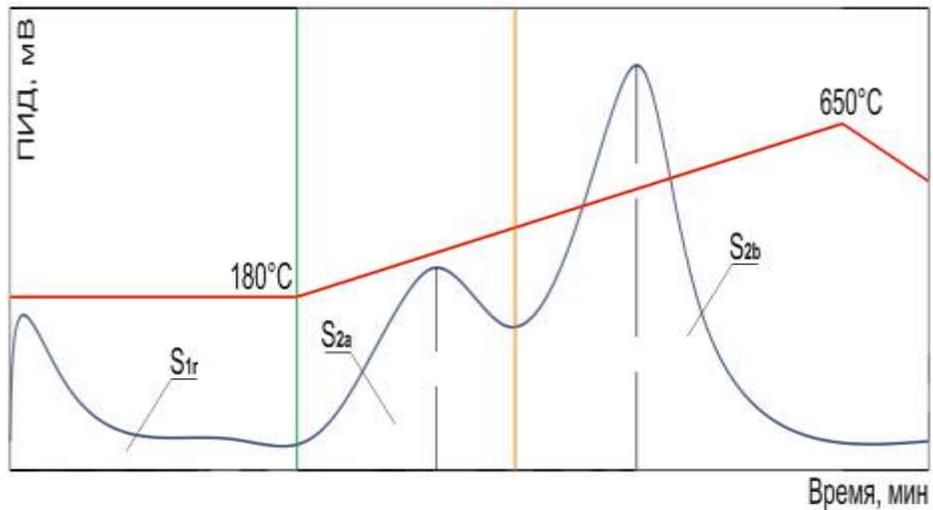
Экстракция шлама

ХМС анализ экстрактов

Определение типа насыщения

Сопоставление с результатами ГИС

Основные пиролитические параметры



OIL = (S₁ + S_{2a}) - содержание свободных углеводородов в породе

S_{2b} - Асфальто-смолистые вещества и (или) кероген

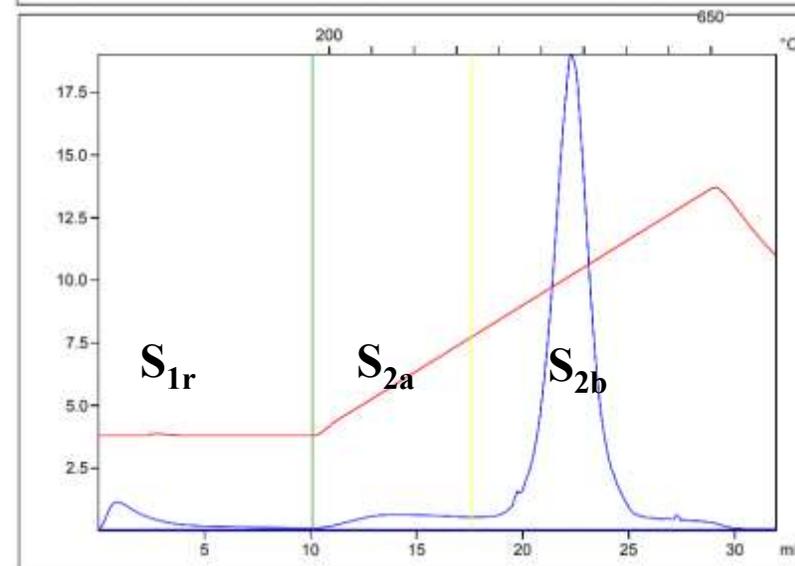
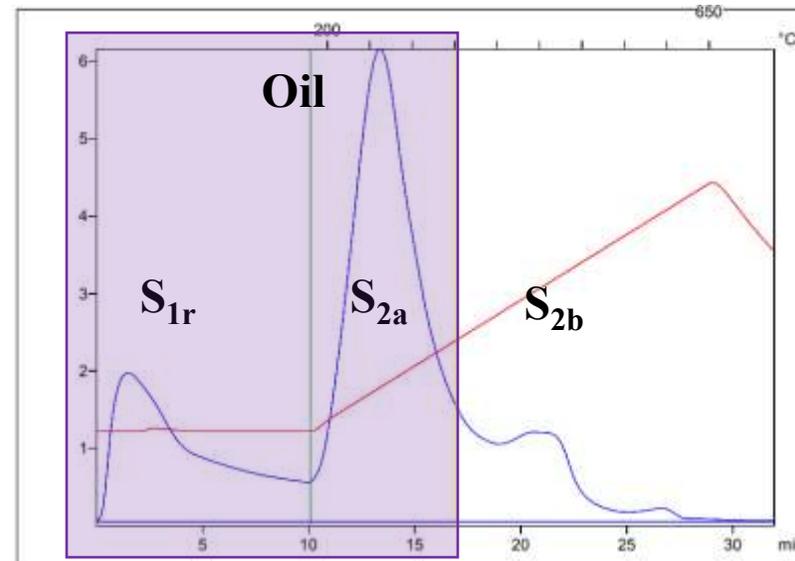
ТОС - общий органический углерод

RC – непиролизуемый углерод

PC – пиролизуемый углерод

MINC – содержание минерального углерода

TPIr – индекс продуктивности



Пример пирограммы
Месторождение А
Глубина: 3144 м
Предполагаемое
нефтенасыщение

Пример пирограммы
Месторождение А
Глубина: 3492 м
Предполагаемое
насыщение: **зона битуминизации**

Пиролиз

Выделение зон насыщения УВ

Экстракция шлама

ХМС анализ экстрактов

Определение типа насыщения

Сопоставление с результатами ГИС

Подготовка образцов для пиролитического анализа шлама



Основное ограничение: использование РУО при бурении

Пиролиз

Выделение зон насыщения УВ

Экстракция шлама

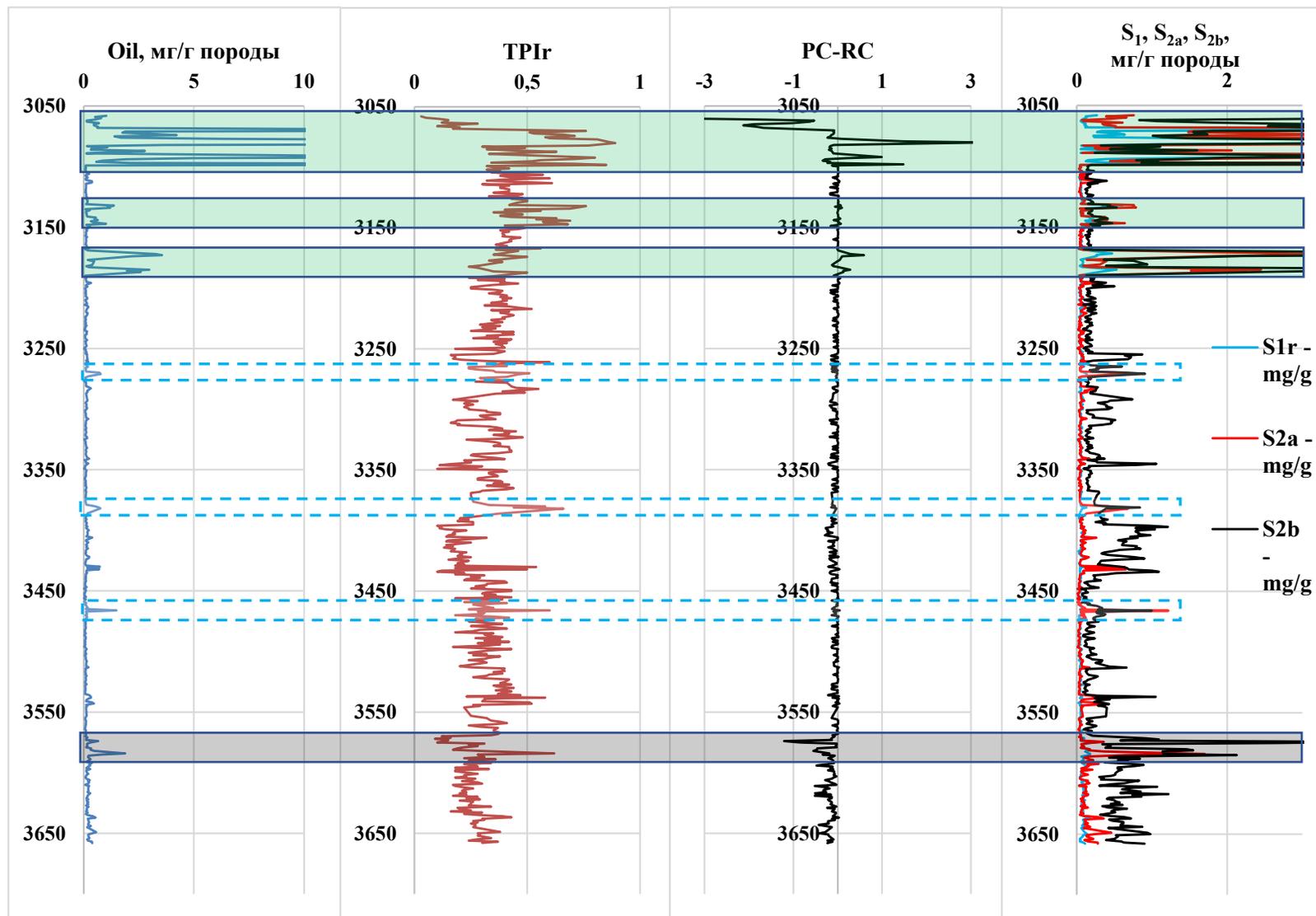
ХМС анализ экстрактов

Определение типа насыщения

Сопоставление с результатами ГИС

Результаты пиролитического анализа шлама

Месторождение В, скв. 26



Зоны вероятного нефтенасыщения

- ✓ $\square \nearrow$ Oil (доля подвижных УВ)
- ✓ Oil > S_{2b} (асф. + кероген)
- ✓ PC > RC
- ✓ $\square \nearrow$ TPIr (индекс продуктивности)

Единичные образцы с повышенным содержанием УВ

- ✓ Маломощные слои (1-2 м)

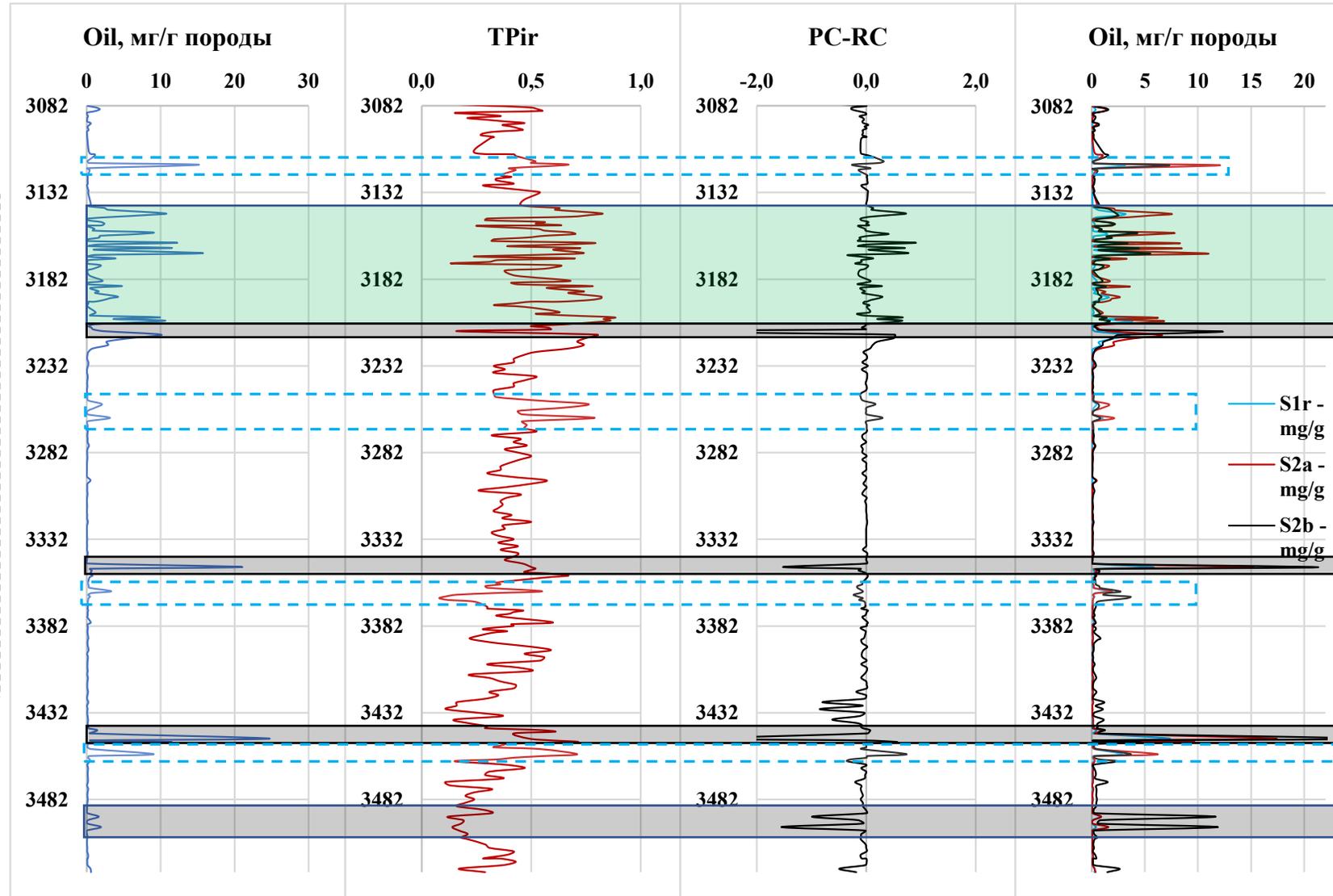
Зона битуминизации

- ✓ S_{2b} > Oil
- ✓ RC > PC



Результаты пиролитического анализа шлама

Месторождение А, скв. 148



Зоны вероятного нефтенасыщения

- ✓ Oil (доля подвижных УВ)
- ✓ Oil > S_{2b} (асф. + кероген)
- ✓ PC > RC
- ✓ TPir (индекс продуктивности)

Единичные образцы с повышенным содержанием УВ

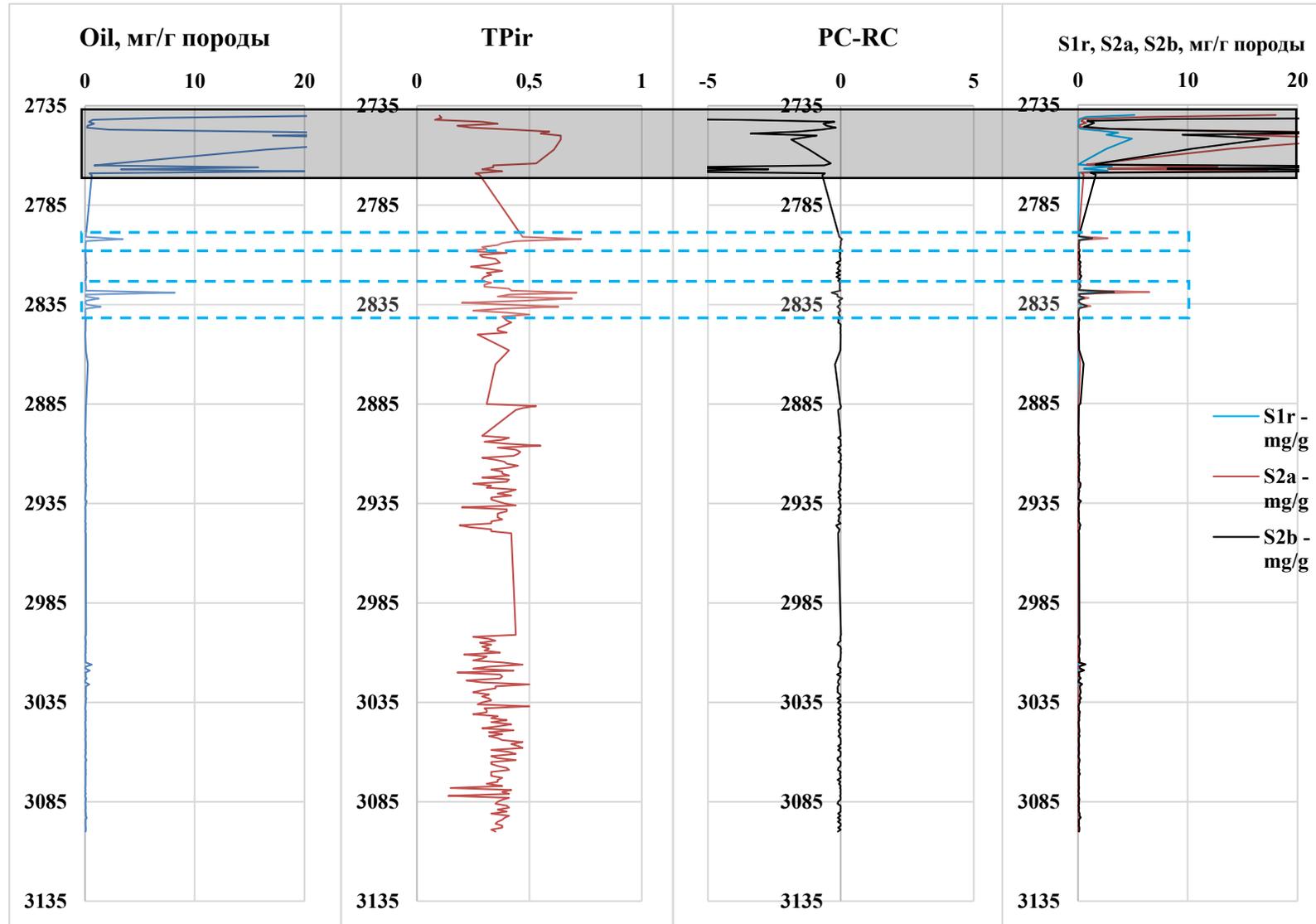
- ✓ Маломощные слои (1-2 м)

Зоны битуминизации

- ✓ S_{2b} > Oil
- ✓ RC > PC

Результаты пиролитического анализа шлама

Месторождение Б, скв. 609



Зоны битуминизации, кероген

- ✓ $S_{2b} > Oil$
- ✓ $RC > PC$
- ✓ Углистые образцы

Единичные образцы с повышенным содержанием УВ

- ✓ Маломощные слои (1-2 м)

Отсутствуют:

Зоны вероятного нефтенасыщения

- ✓ $\square \nearrow$ Oil (доля подвижных УВ)
- ✓ $Oil > S_{2b}$ (асф. + кероген)
- ✓ $PC > RC$
- ✓ $\square \nearrow$ TPir (индекс продуктивности)

Выделение перспективных зон насыщения УВ

1. Возможность определения зон нефтенасыщения:

- ✓ Oil > 2 мг/г породы
- ✓ Oil > S_{2b}
- ✓ PC > RC
- ✓ TPir > 0,5

2. Возможность определения зон битуминизации:

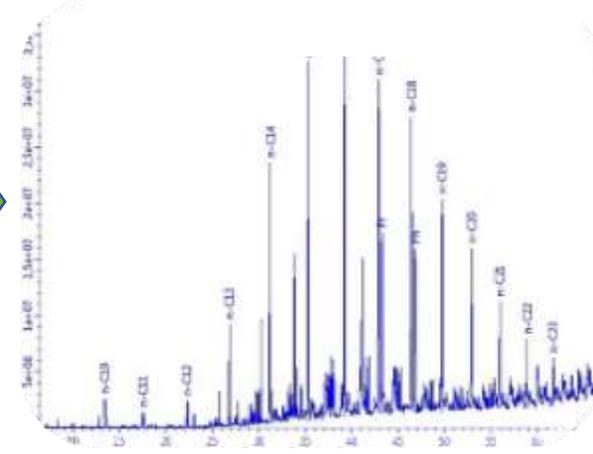
- ✓ S_{2b} > Oil
- ✓ RC > PC

3. Оперативность выполнения анализа:

- ✓ 100 обр/ неделю
- ✓ За 1 неделю можно охарактеризовать 100 м разреза



Экстракция образцов шлама полярным растворителем



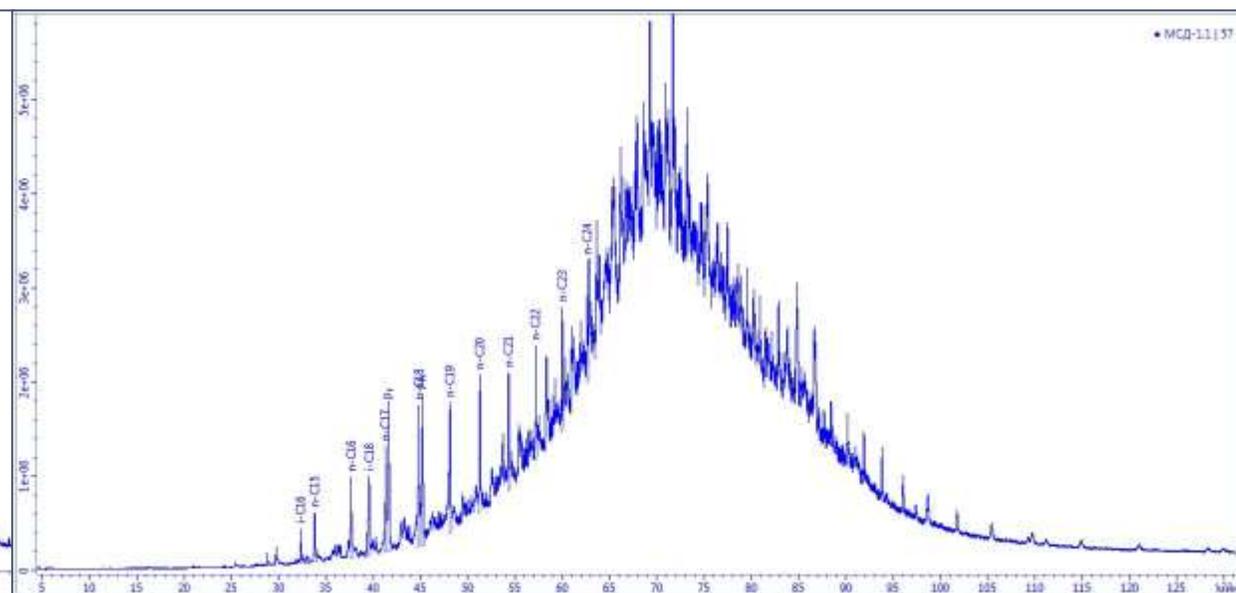
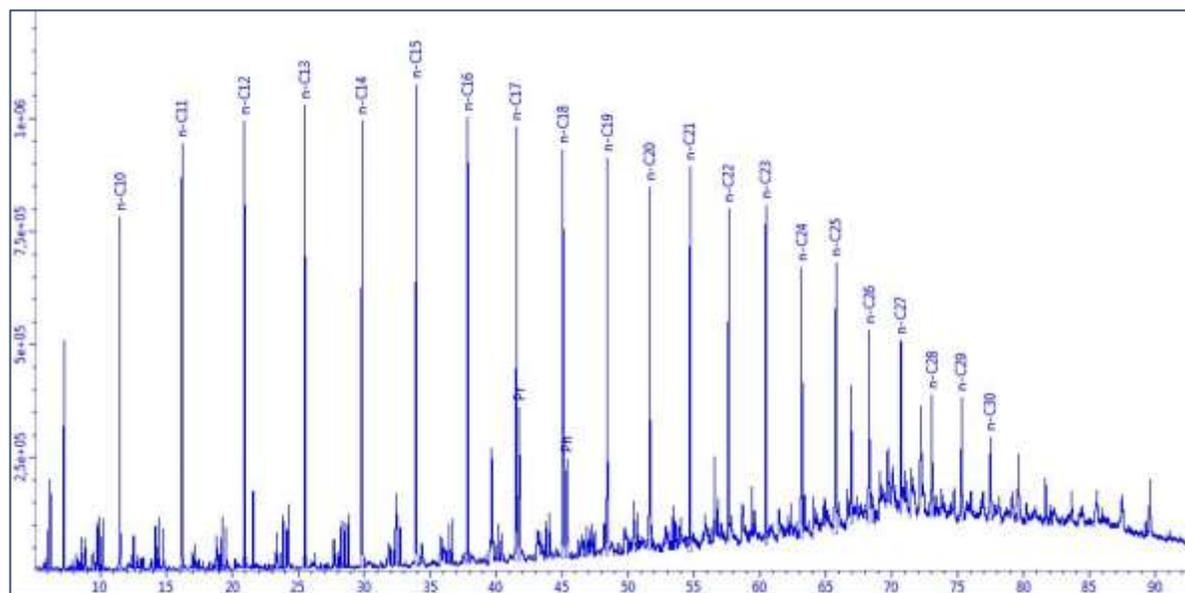
Требования к проведению экстракции:

- ✓ Использование перегнанного растворителя для исключения загрязнения пробы компонентами кубового остатка
- ✓ Продолжительность холодной экстракции не менее 30 минут
- ✓ Получение фильтрата без механических включений (фильтрацией)

1. Наличие / отсутствие «типичного» нефтяного распределения алканов

«типичное» нефтяное распределение
н-алканов

Отсутствие «типичного» нефтяного распределения
н-алканов



Наличие высокомолекулярных н-алканов
(н-С25 – н-С40)

Пиролитический
анализ шлама

Выделение зон
насыщения УВ

Экстракция шлама

**ХМС анализ
экстрактов**

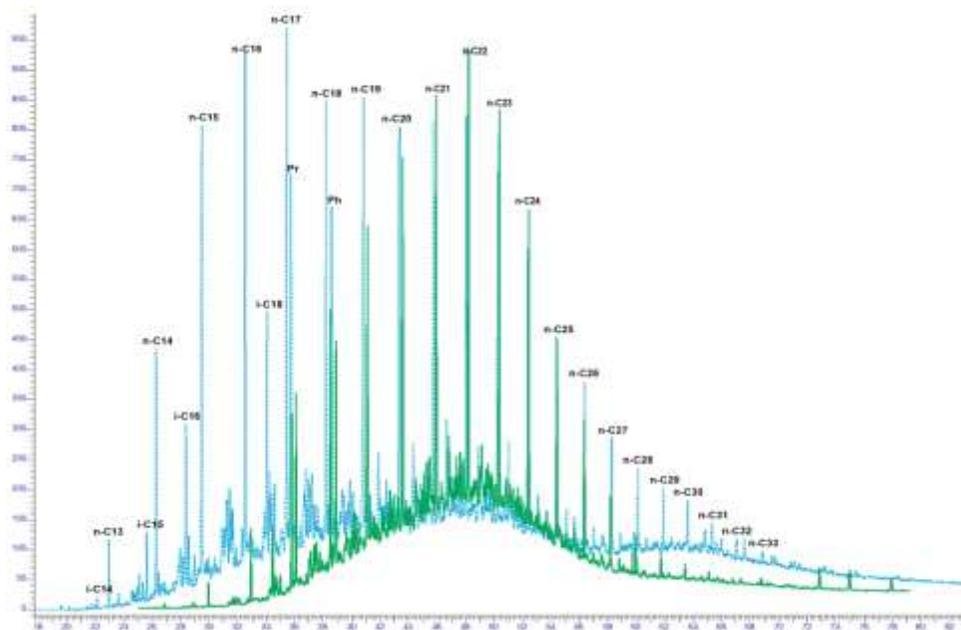
Определение типа
насыщения

Сопоставление с
результатами ГИС

2. Наличие / отсутствие признаков техногенного загрязнения

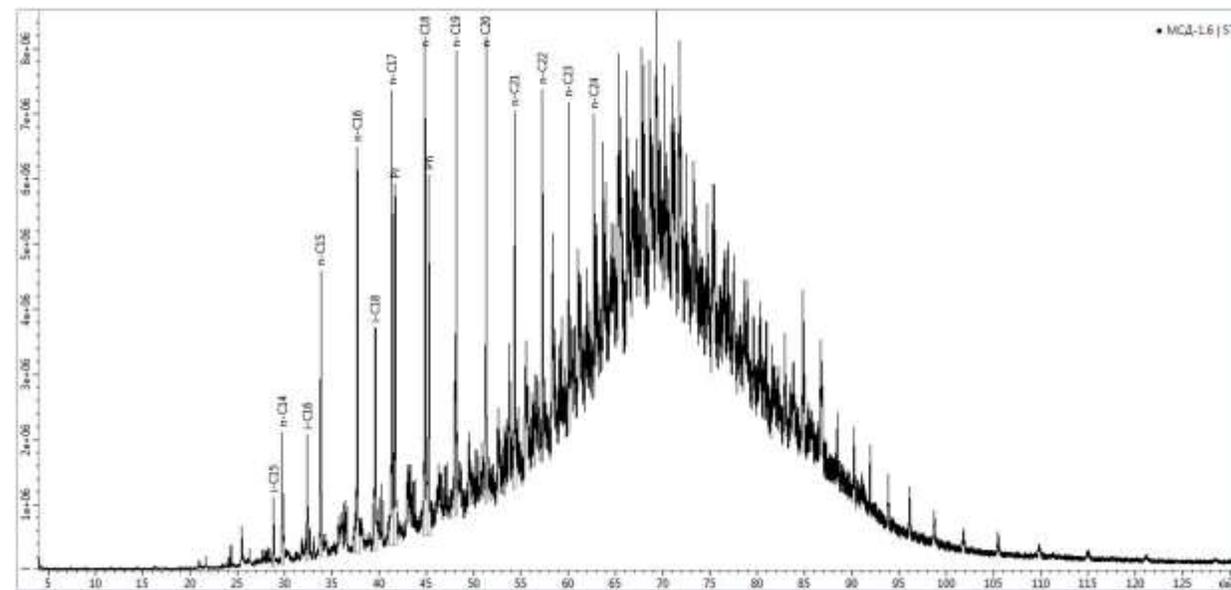
Наличие би-три модального распределения УВ
н-алканового ряда:

- Базовое масло (компонент БР)
- Дизельное топливо (компонент БР)



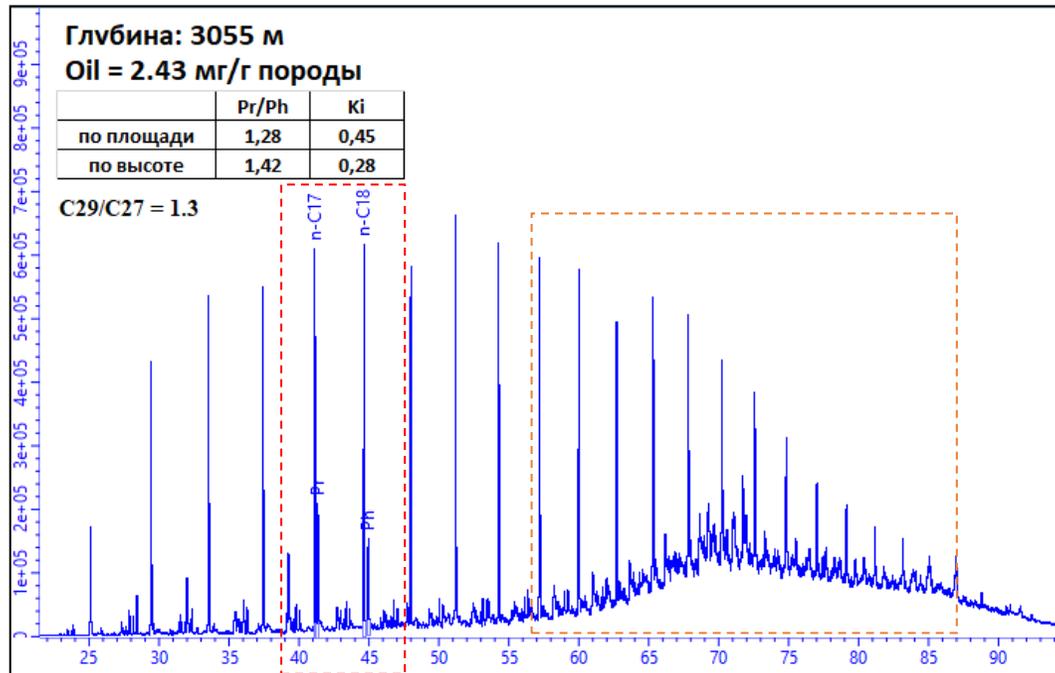
Наличие «нафтового горба»:

- Карбидная смазка



Наиболее часто встречаемый вид загрязнения в
проанализированных образцах

Пример 1: анализ экстракта месторождение В, скв. 26, глубина: 3055 м

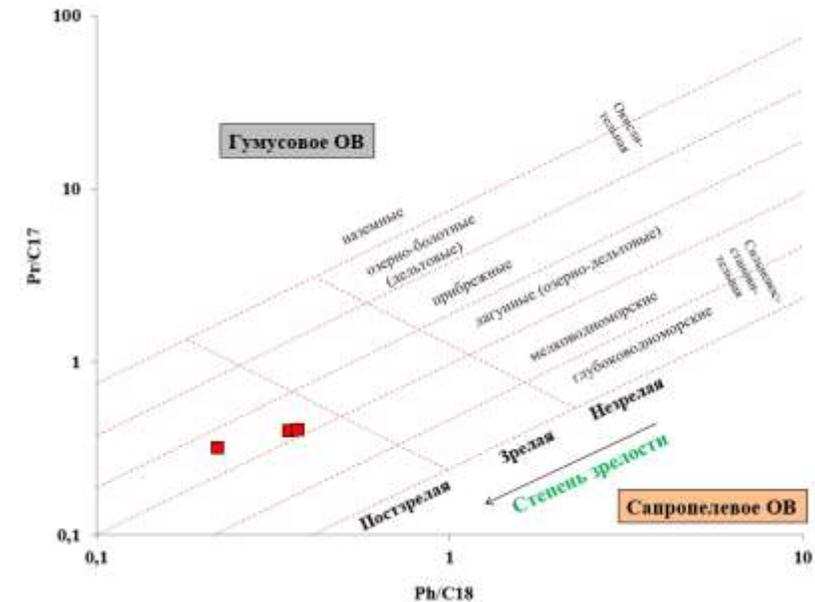


Загрязнение образцов шлама высокомолекулярными компонентами (масло) не позволяет использовать стераны

- Нефтяное распределение алканов
- Низкое отношение $Pr/Ph \approx 1,2$
- Восстановительные условия формирования
- Низкий изопреноидный коэффициент $Ki \approx 0,3 - 0,4$
- Высокая степень зрелости ОВ



Насыщение палеозойским типом флюида



Пиролитический анализ шлама

Выделение зон насыщения УВ

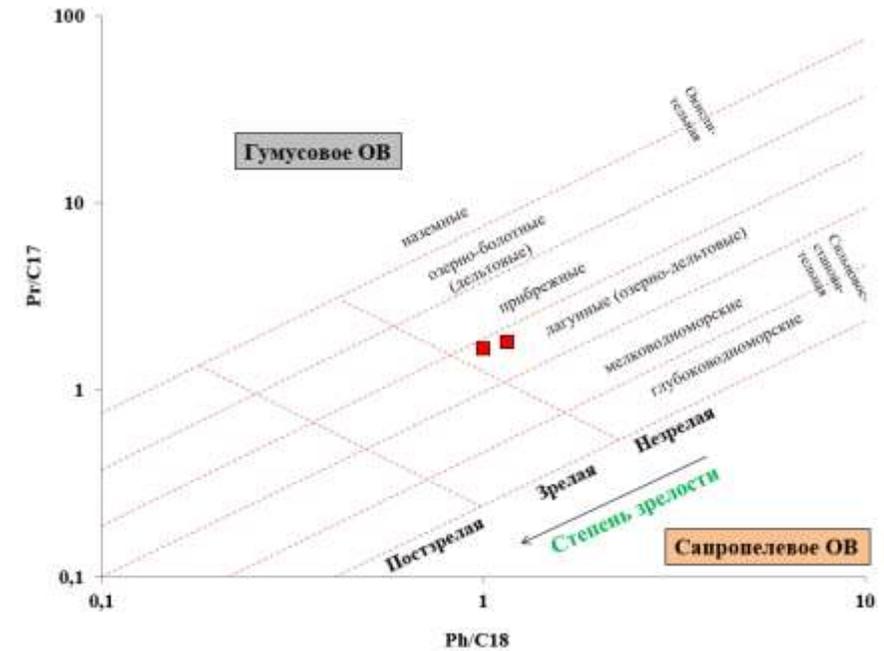
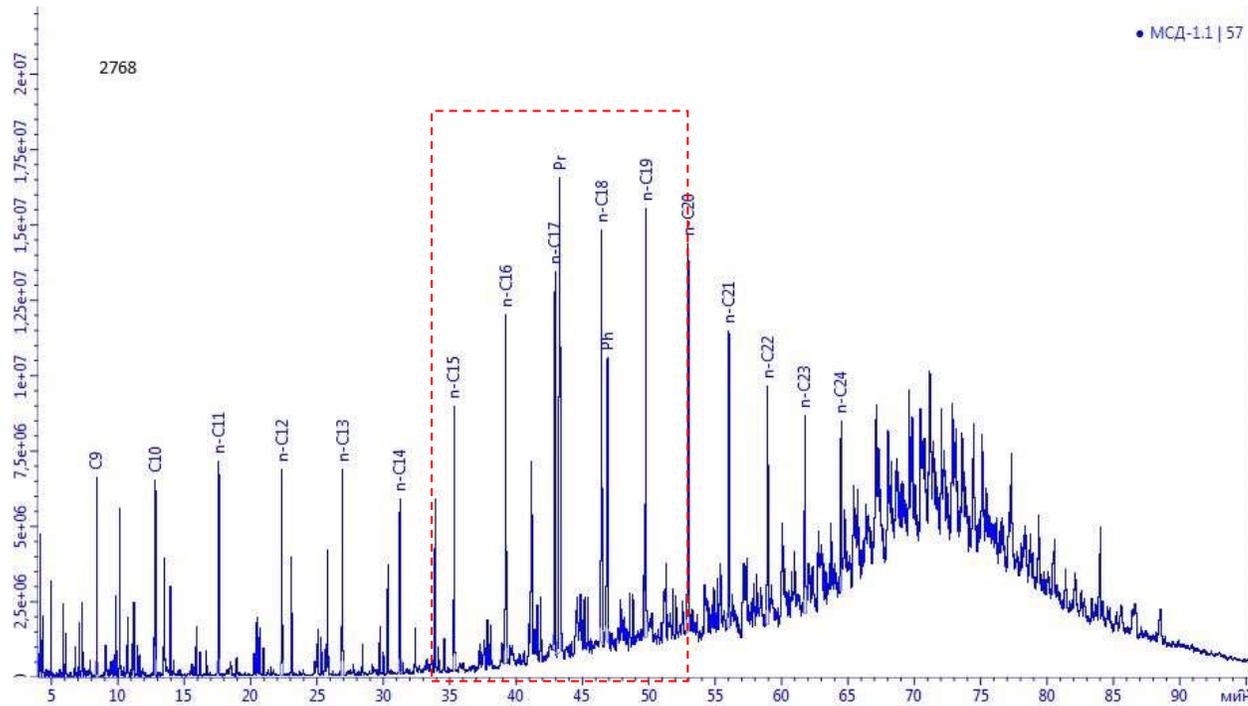
Экстракция шлама

ХМС анализ экстрактов

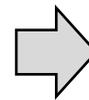
Определение типа насыщения

Сопоставление с результатами ГИС

Пример 2: анализ экстракта Месторождение Б, скв. 609, глубина: 2768 м



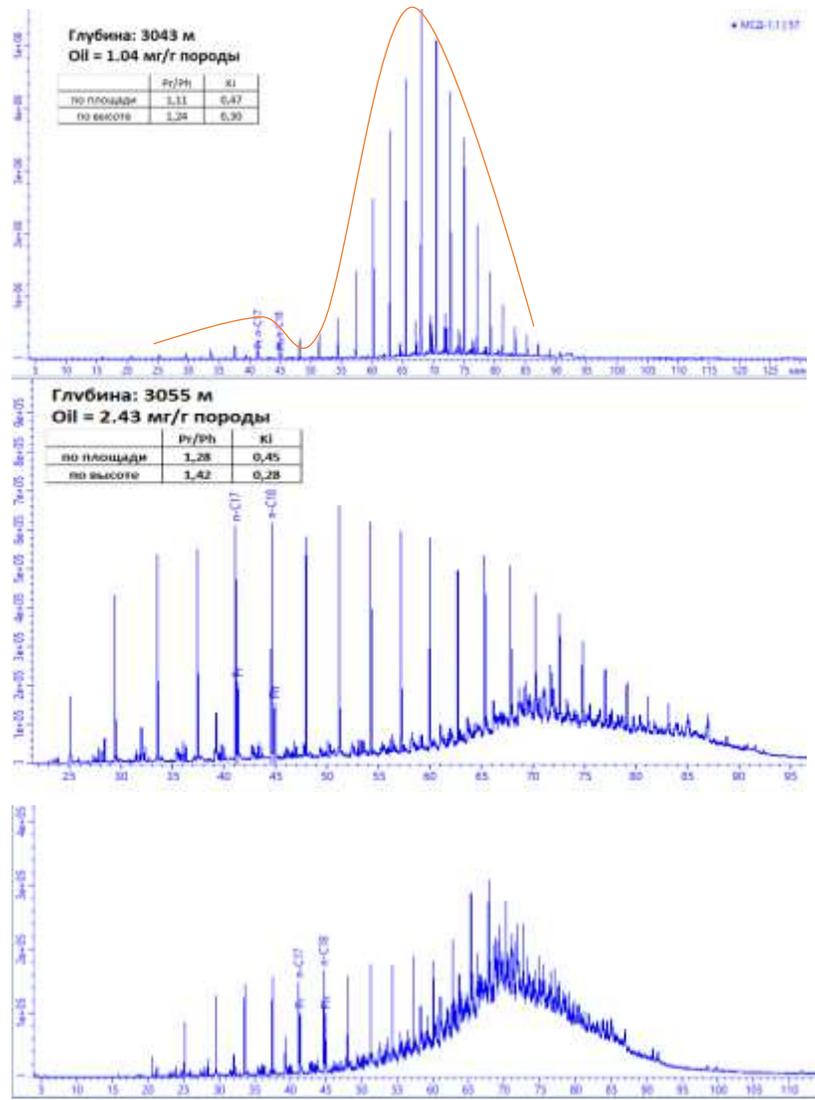
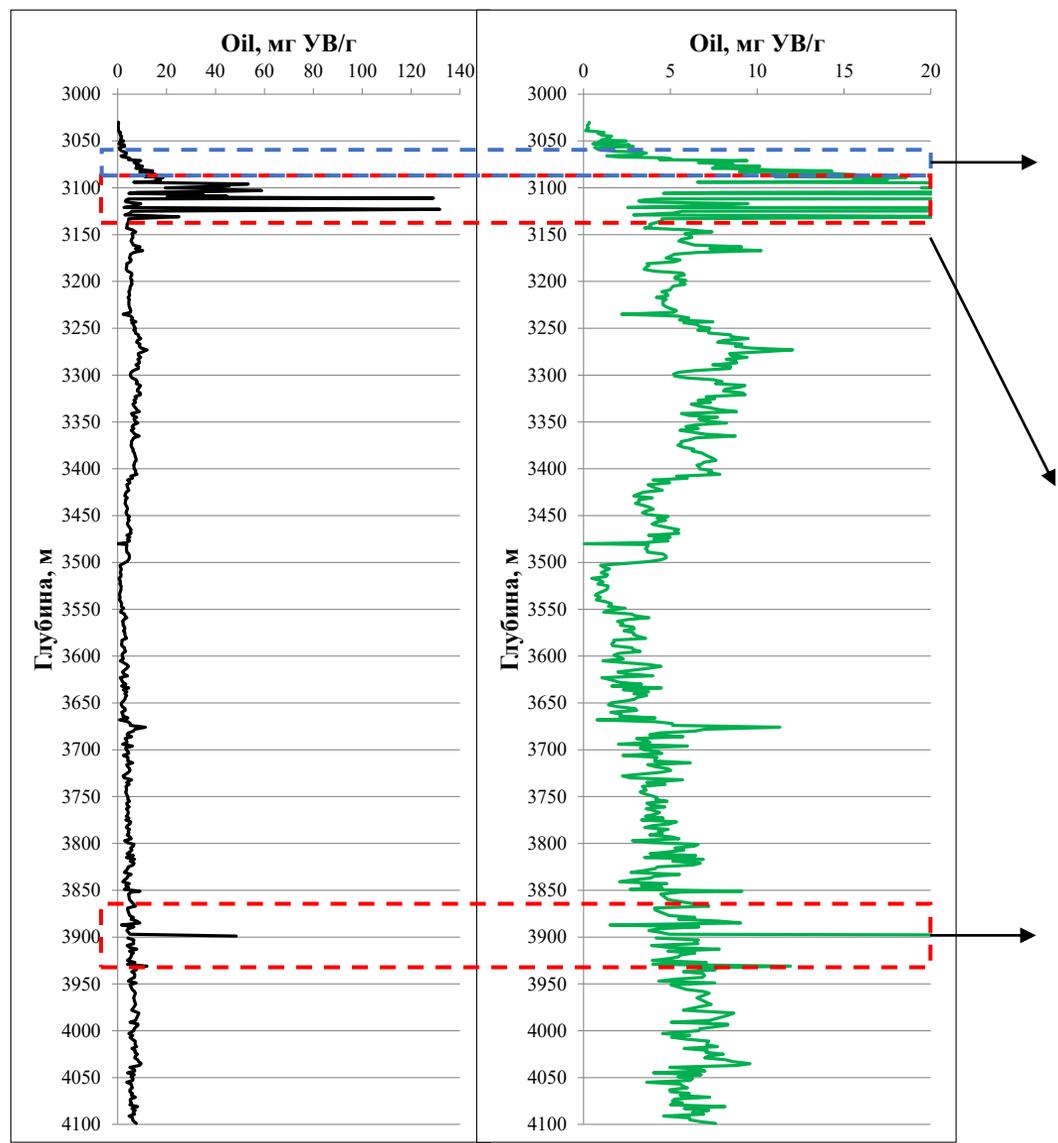
- Преобладание Pr над Ph ($Pr/Ph \approx 2$)
- Более окислительные условия формирования ОБ
- Высокий K_i ($K_i \approx 1$) – незрелое ОБ



- Насыщение флюидом непалеозойского типа
- Участие углистого ОБ в формировании флюида

Определение типа насыщения по результатам пиролиза и ХМС

Месторождение В, скв. 26



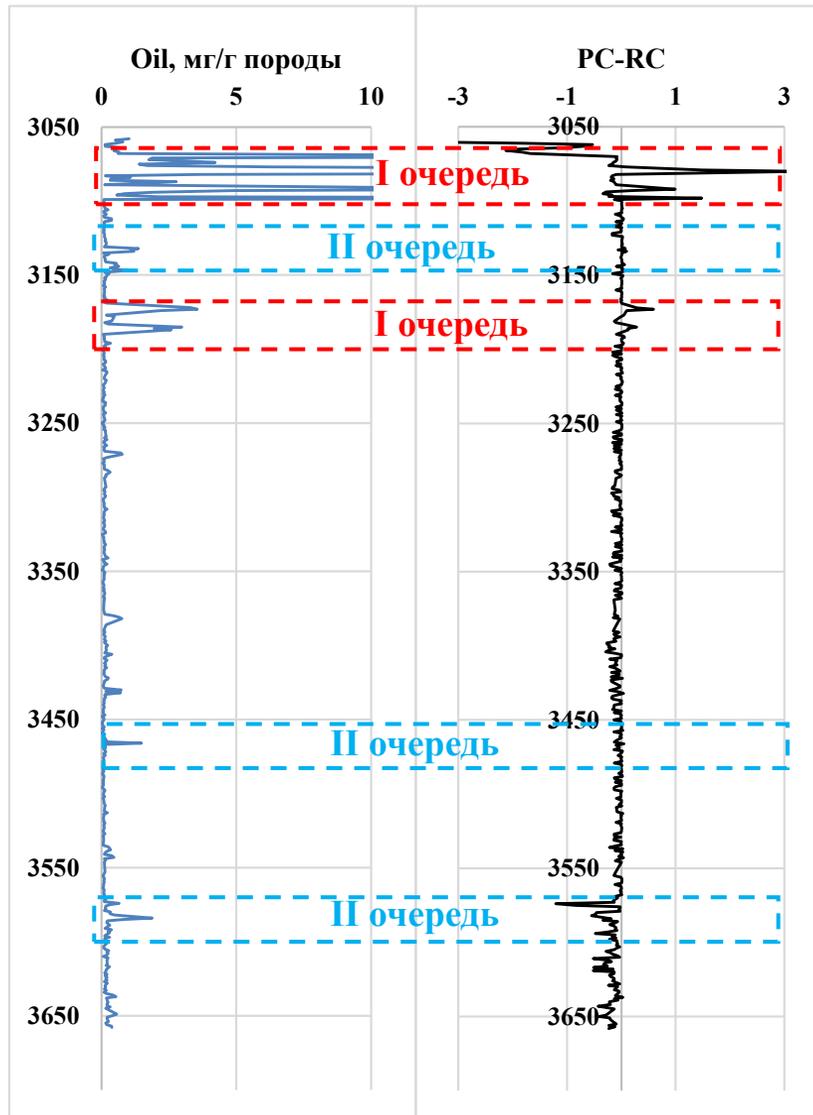
Смесь бурового раствора и нативных УВ

Нефтяное насыщение

Техногенное загрязнение



Распределение выделенных коллекторов по приоритетности



Интервалы I очереди:

1. Высокие показатели параметра **Oil** (не менее 2 мг/г породы)
2. Явное преобладание пиролизуемого углерода над остаточным
3. Пониженные показатели пика S_{2b} (асфальто-смолистые компоненты и/или кероген)
4. Наличие нефтяного распределения алканов на хроматограммах
5. Преобладание алканов над «нафтеновым горбом»

Интервалы II очереди:

1. Повышенные показатели параметра **Oil**
2. Маломощные интервалы насыщения (единичные образцы)

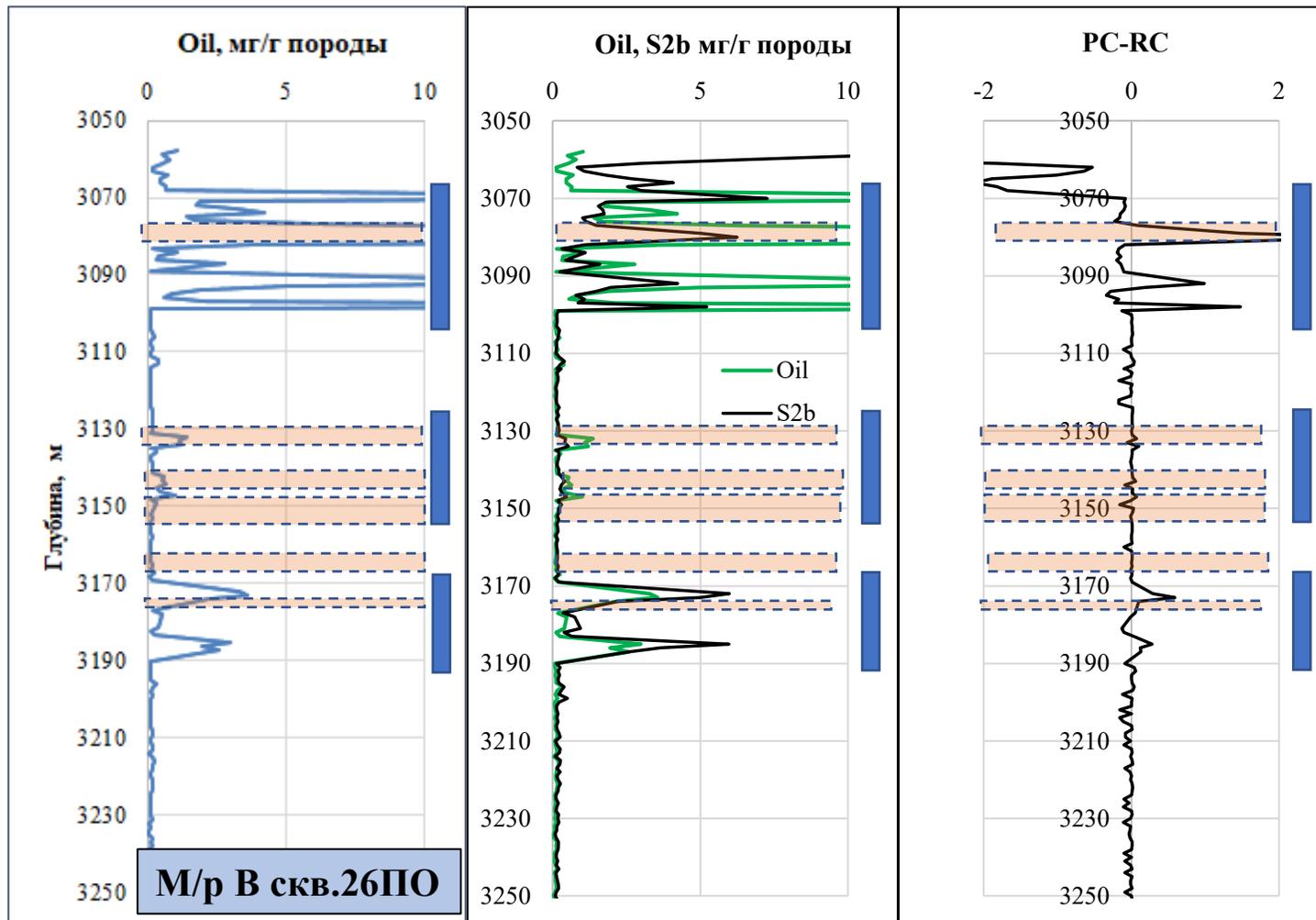


Месторождение В 26ПО:

I очередь:
3070 – 3098 м
3172 – 3187 м

II очередь:
3132 – 3134 м
3146 - 3147 м
3466 - 3467 м
3582 - 3585 м

Сопоставление с результатами ГИС в интервале выделенных коллекторов



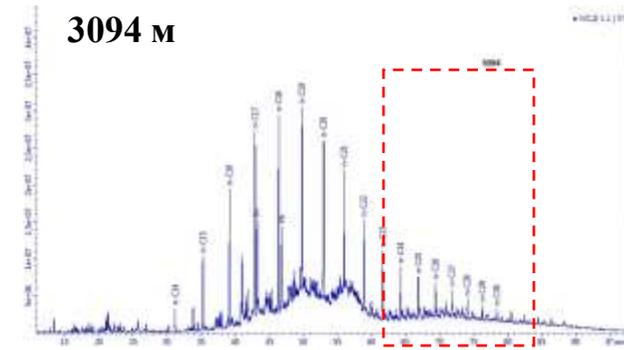
М/р В скв.26ПО

$Q_n = 56,3 \text{ м}^3/\text{сут}$
 $Q_g = 71400 \text{ м}^3/\text{сут}$

Объект № 6
 Интервал перфорации:
 3085 – 3097

$Q_n = 34 \text{ м}^3/\text{сут}$

Объект № 5
 Интервал перфорации:
 3128 – 3176



Наличие высокомолекулярных алканов, характерных для нефтей ($C_{25} - C_{30}$)

Особенности:

По результатам ГИС выделяются более маломощные интервалы



Прогнозирование притока УВ по результатам геохимии



Прогнозирование притока УВ по результатам ГИС

Пиролитический анализ шлама

Выделение зон насыщения УВ

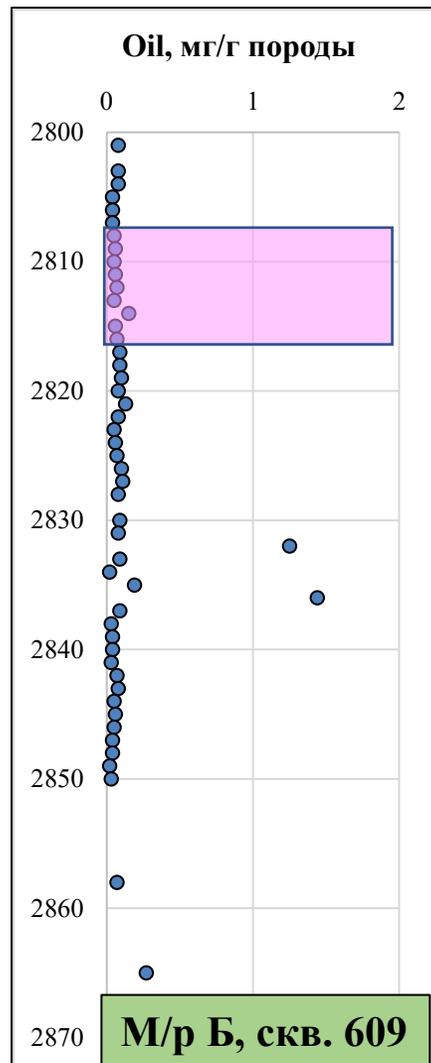
Экстракция шлама

ХМС анализ экстрактов

Определение типа насыщения

Сопоставление с результатами ГИС

Сопоставление с результатами ГИС в интервале выделенных коллекторов

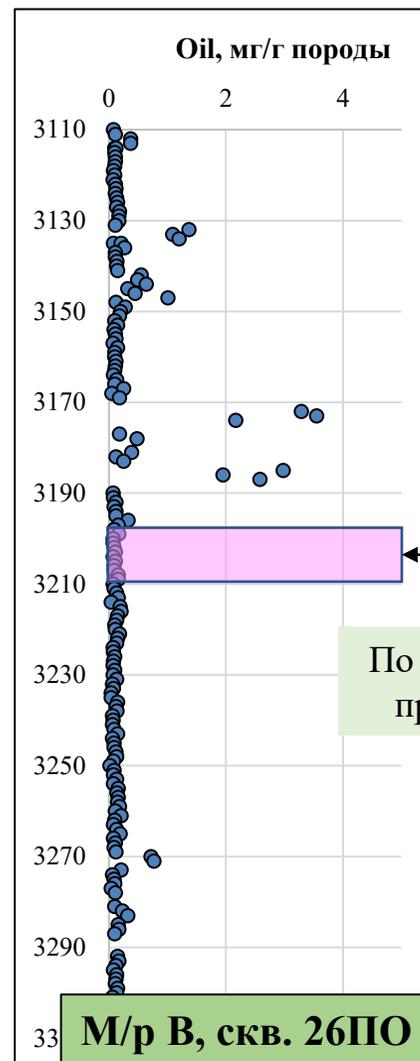


$Q_{в} = 164,52 \text{ м}^3/\text{сут}$

Объект № 3
Интервалы перфорации:
2806 – 2816
2774 – 2790

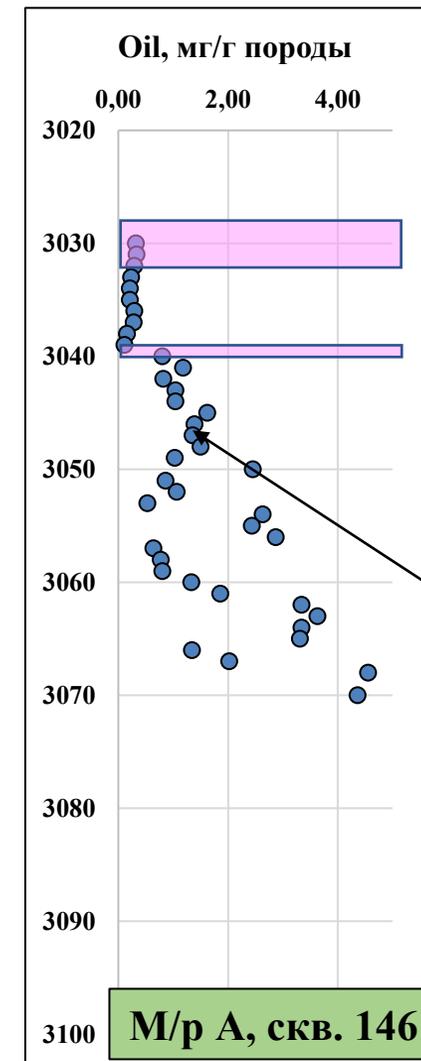
По пиролизу: нет признаков УВ

По результатам предварительной интерпретации ГИС насыщение «не ясно»



Интервал НЕ испытан

По пиролизу: нет признаков УВ



$Q_{гк} = 118,2 \text{ м}^3/\text{сут}$

Объект № 5
Интервалы перфорации:
3026 - 3064

Интервал испытаний захватил начало насыщения, возможно подтягивание флюида из нижележащих слоев

Пиролитический анализ шлама

Выделение зон насыщения УВ

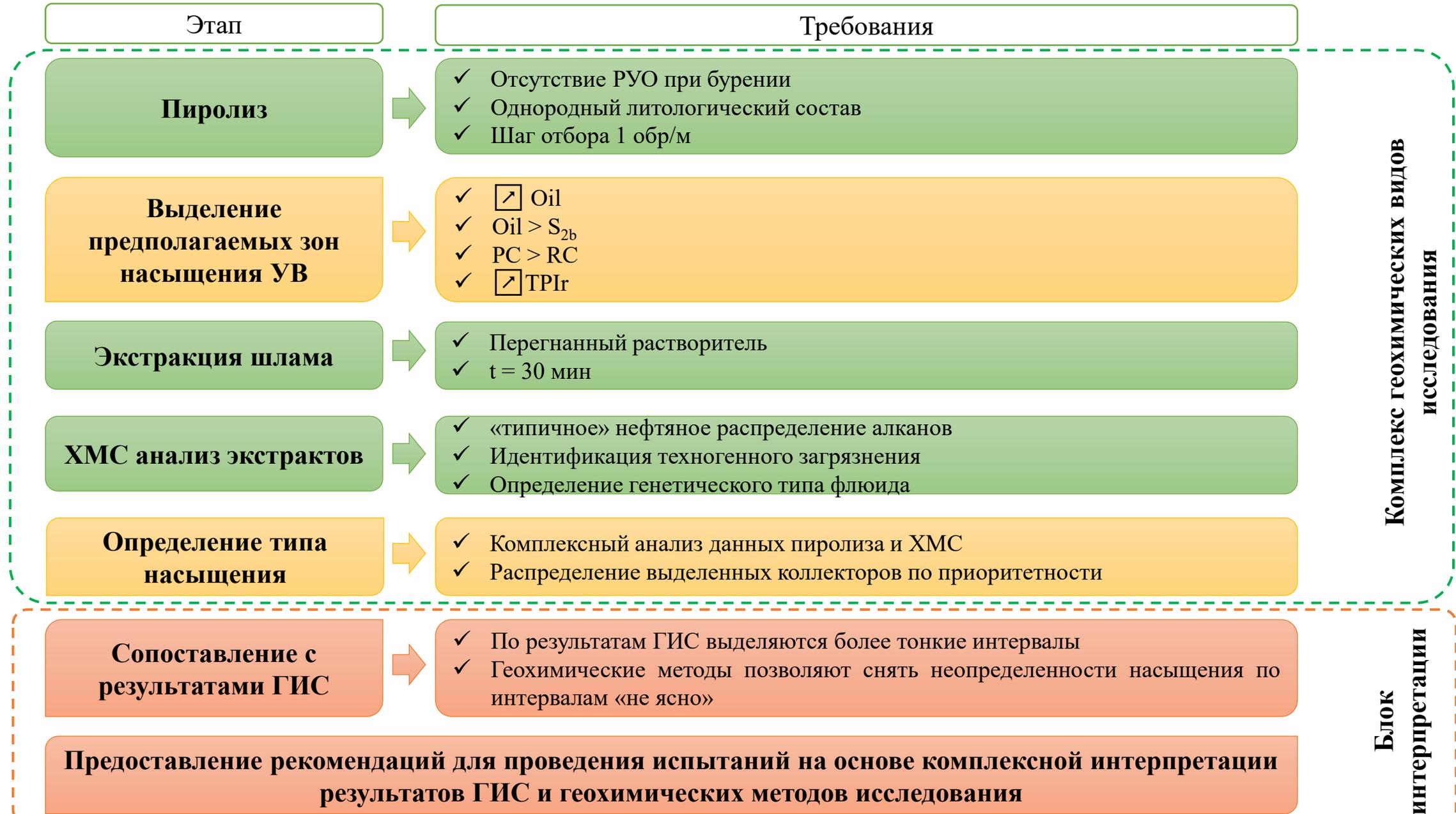
Экстракция шлама

ХМС анализ экстрактов

Определение типа насыщения

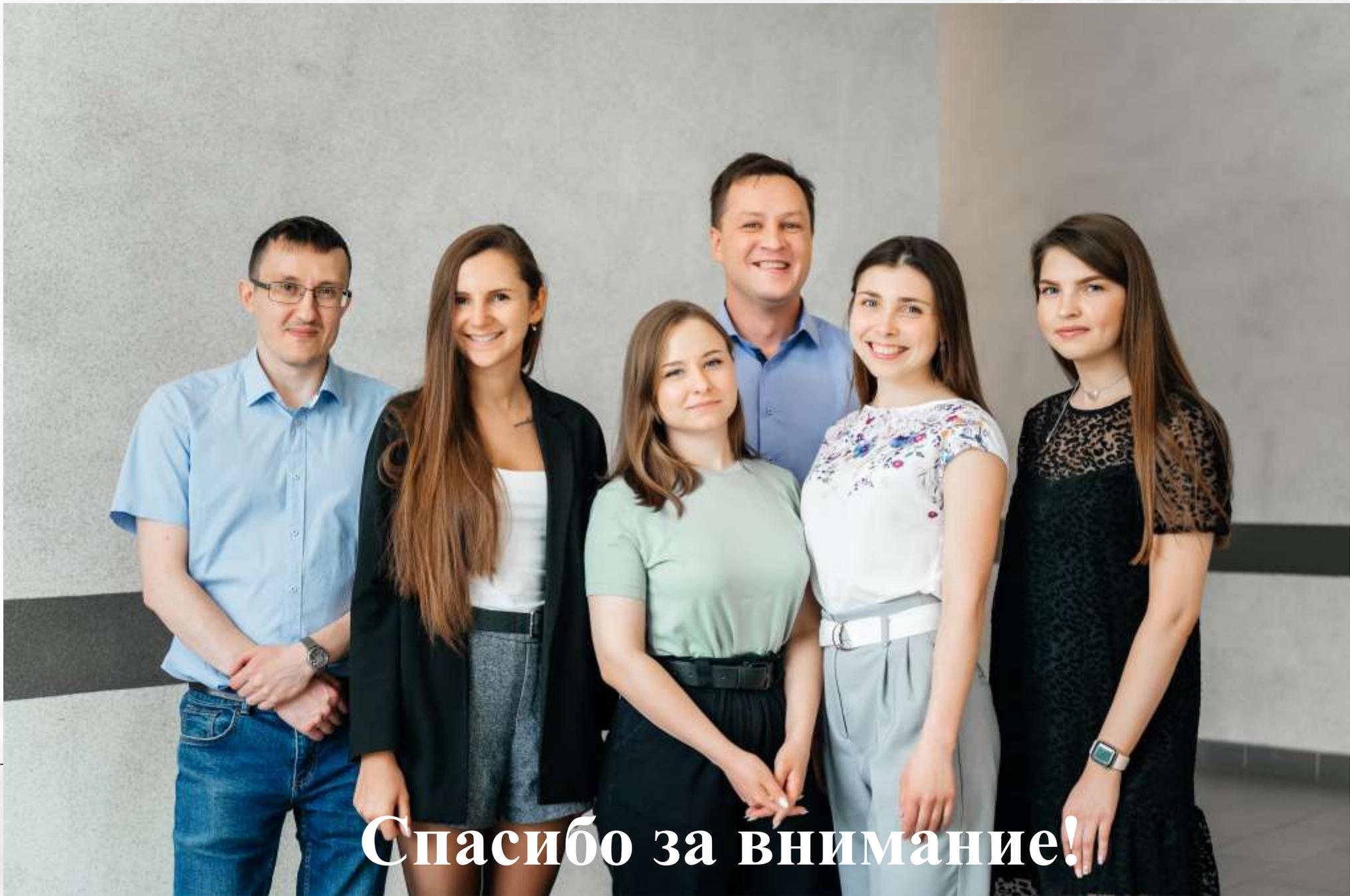
Сопоставление с результатами ГИС

Адаптированная схема прогноза нефтенасыщенных интервалов на основе геохимических исследований шлама



Выводы

1. Технология выделения нефтенасыщенных интервалов комплексными геохимическими методами адаптирована для выделения коллекторов и определения типа насыщения в сложнопостроенных геологических объектах ДЮК
2. Использование пиролитических и хроматомасс-спектрометрических методов позволяет предсказывать притоки нефти с высокой долей вероятности, что подтверждается результатами испытаний
3. Технология предусматривает разделение прогнозируемых интервалов по приоритетности (интервалы I и II очереди для проведения испытаний)
4. Большая часть интервалов I очереди показывают высокую сходимость с результатами испытаний.
5. Получена хорошая корреляция исследований кернa и шлама. Наличие повышенных значений параметров насыщения (маломощные слои) в интервалах «наличие битумов и УВ по керну».
6. Высокая корреляция результатов пиролиза с результатами испытаний в интервалах, по которым получен приток воды с пленкой нефти.
7. Критерии и рекомендации которые следует учитывать для поиска нефтенасыщенных интервалов в карбонатных коллекторах трещиноватого типа:
 - отсутствие РУО и смазывающих компонентов при бурении скважины (основной)
 - промывка шлама перед исследованиями (на месторождении или в лаборатории)
 - отбор образцов с шагом не менее 1 обр/метр
8. Технология позволяет снять неопределенности по насыщению интервалов «не ясно» (по результатам ГИС).
9. Оперативность получения данных: 100 обр. в неделю, то есть возможность охарактеризовать 100 м в течение 1 недели.
10. Невозможность использования стеранов и гопанов для интерпретации в связи с загрязнением образцов шлама высокомолекулярными соединениями. Для интерпретации используются n-алканы и изо-алканы.



Спасибо за внимание!