



Improving the efficiency of the Bazhenov geological models

Повышение эффективности геологического моделирования строения отложений баженовской свиты

Varvara Nemova
Варвара Немова

NOTE

This presentation created on the basis of research experience on different fields of the Bazhenov formation.

The main purpose – to show various methods, allowing to get maximum information about the formation's structure.

The examples of Bazhenov structure and properties are taken from the different fields, which names aren't specified. These results can contradict each other, thanks to high lithology heterogeneity of this thickness.

To use of the results, shown in examples, as a basis for interpretation of seismic exploration data on other oil fields of Bazhenov formation, isn't right methodically.

ВАЖНО

Данная презентация создана на основе опыта исследований различных месторождений баженовской свиты.

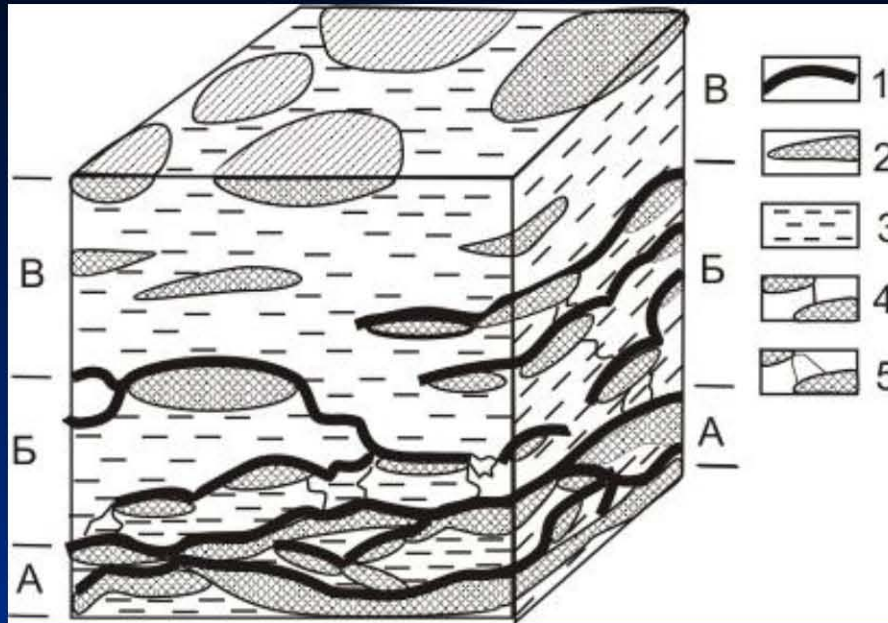
Цель – показать различные методические подходы, позволяющие извлечь максимальное количество информации о строении толщи.

Конкретные примеры строения и свойств отложений баженовской свиты взяты с разных месторождений, названия которых намеренно не указаны. Эти результаты вполне могут противоречить друг другу, благодаря высокой литологической неоднородности данной толщи.

Использовать результаты, продемонстрированные в примерах, в качестве основы для интерпретации данных сейсморазведки по другим месторождениям нефти баженовской свиты, методически не верно.

The model of Bazhenov formation reservoir of Salym field (by I.Nesterov, 1985*)

Модель коллектора баженовской свиты Салымского месторождения (по И.И. Нестерову и д.р. ,1985г)*



Условные обозначения

- 1 – нефть; oil
- 2 – органическое вещество; ТОС
- 3 – битуминозные глины; massive bituminous clays
- 4 – трещины автофлюидоразрыва; fractures
- A – коллектор; reservoir
- Б – вмещающие породы; matrix rocks
- В – покрывка. Cap rock

Reservoir:

- is a fractured shale, enriched by organic matter
- Lens-shaped
- Permeability are caused by horizontal auto-fluid-fractures due to oil generation from organic content

Lens-shaped reservoirs are widespread chaotically

Коллектор:

- формируется в трещиноватых глинах, обогащенных ОВ
- имеет линзовидное строение
- ФЕС обусловлены наличием горизонтальных трещин автофлюидоразрыва

Линзовидные коллекторы распространены хаотично

Bazhenov core Керн баженовской свиты

Bazhenov formation is an unconventional reservoir

- lack of actual data
- low exploration maturity:
 - core recovery and safety are low
 - permeable core break down first
 - carrier beds have not been studied for a long time in core
 - it is very difficult to match incomplete core and logs

Баженовская свита нетрадиционный объект

- мало фактических данных
- низкая степень изученности:
 - низкая степень выноса и сохранности керна
 - в первую очередь разрушаются трещиноватые интервалы разреза, содержащие коллекторы
 - отсутствие возможности изучения коллектора на каменном материале
 - трудности привязки керна к ГИС



In recent years

- Some oil companies begin to study Bazhenov formation
- 6 fields are under Bazhenov formation development
- Production logs are performed for determination inflow intervals
- Isolated and preserved core is withdrawing
- Wide spectrum of core studies is performing
- Various techniques of seismic data interpretation are testing for the purpose of Bazhenov properties prediction
- Pilot project of thermal gas stimulation of Bazhenov is running on the Middle-Nazym field
- Long horizontal wells with multi stage frac are drilled

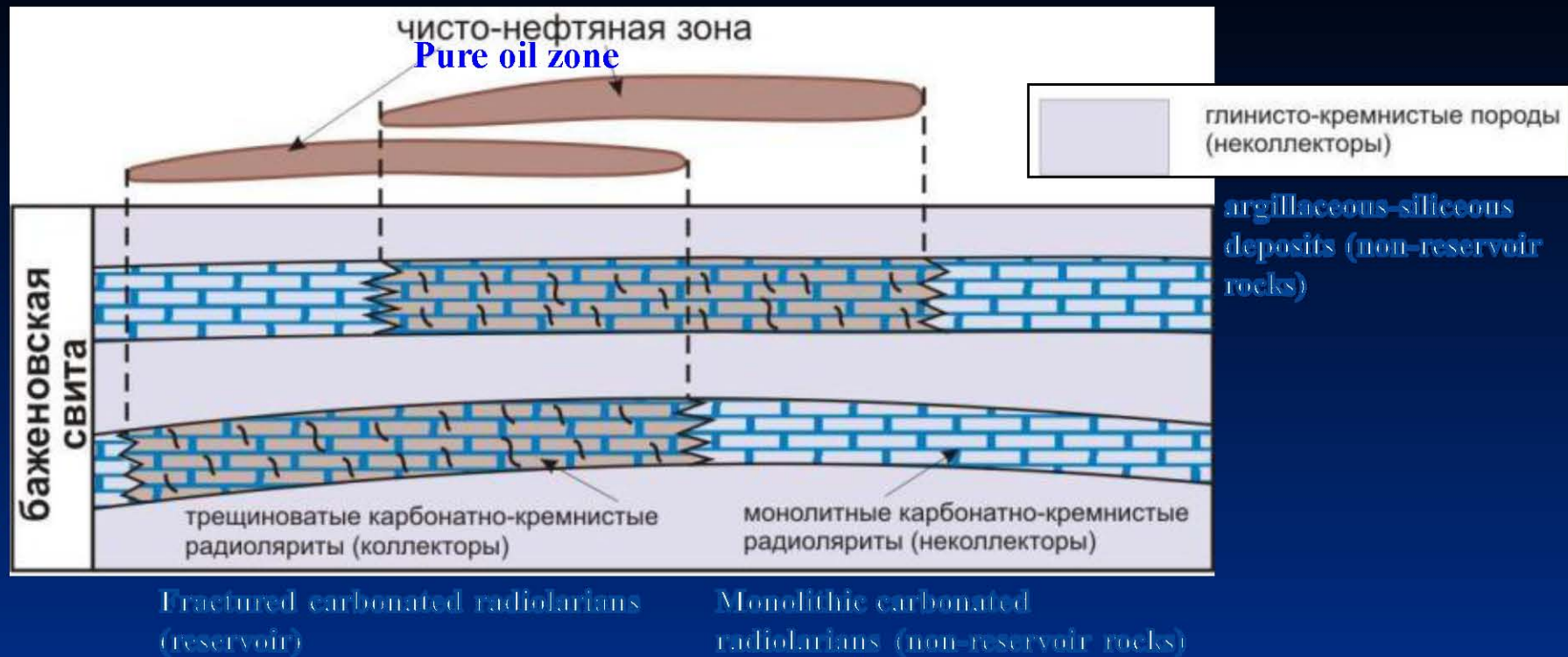
В последние годы

- Несколько нефтяных компаний начали работы по изучению отложений баженовской свиты.
- На шести месторождениях начата промышленная разработка отложений баженовской свиты.
- Проводятся промыслово-геофизические исследования, направленные на выявление приточных интервалов в разрезе
- Отбирается изолированный керн с высокой степенью сохранности
- Проводятся комплексные лабораторные исследования керна
- Тестируются различные методики интерпретации данных сейсморазведки с целью прогнозирования свойств толщи
- На Средне-Назымском месторождении начат эксперимент по термо-газовому воздействию на отложения баженовской свиты
- Проводятся эксперименты по проводке длинных горизонтальных стволов скважин с многосекционным ГРП

Unique properties of Bazhenov formation

Уникальные свойства отложений бажендовской свиты

Bazhenov formation



Lack of aquifer



oil accumulation morphology completely coincides with morphology of the reservoir, i.e. if there is a reservoir - there is an oil accumulation too (without any water)

Отсутствие законтурных вод

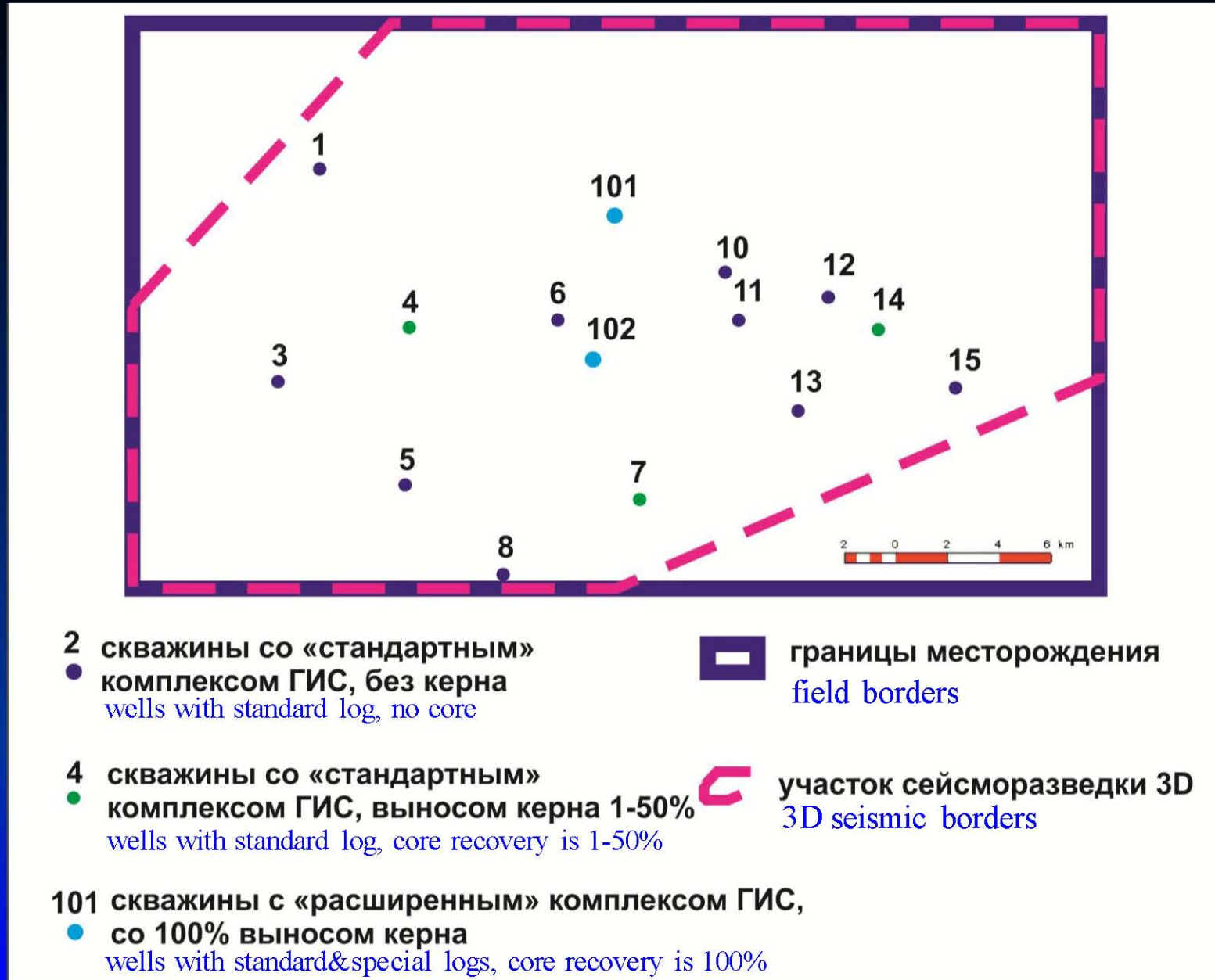


морфология залежи практически полностью совпадает с морфологией коллектора, т.е. ЕСТЬ КОЛЛЕКТОР – ЕСТЬ ЧИСТО НЕФТЯНАЯ ЗАЛЕЖЬ

Identification of Bazhenov carrier beds - one of the main objectives
for research

**Выявление коллектора в разрезе баженовской свиты — одна из
основных задач исследований**

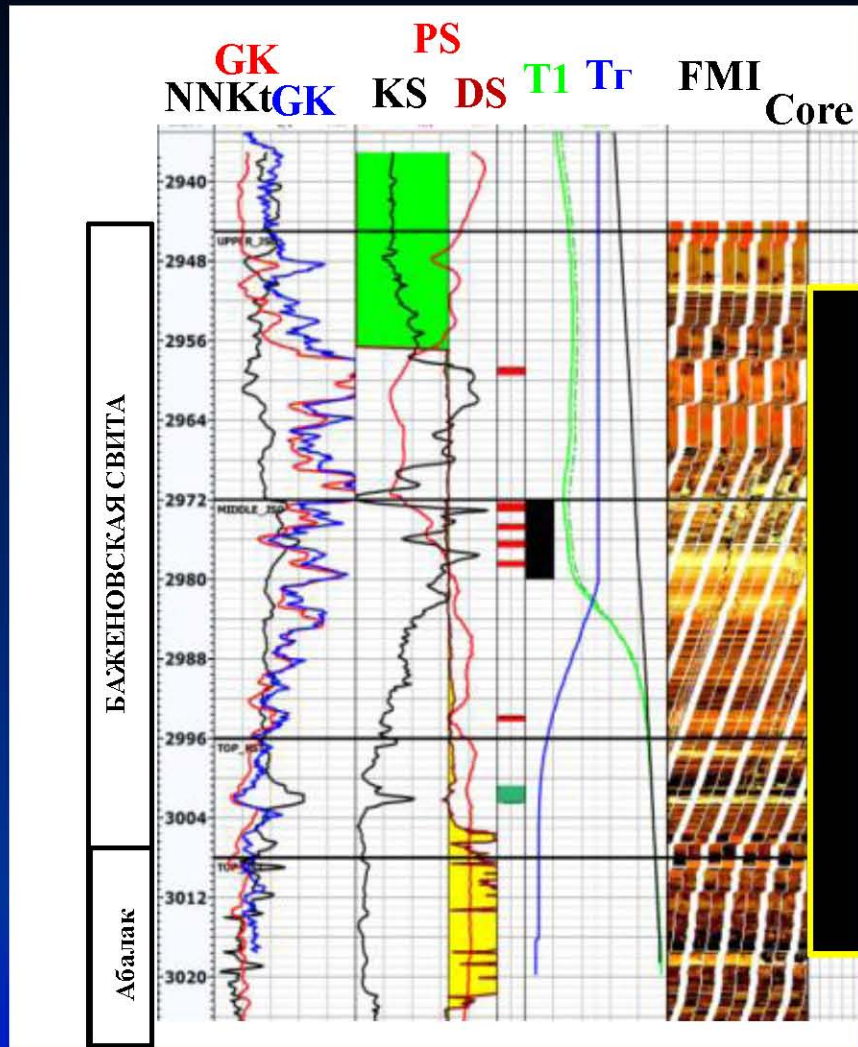
Example of the Bazhenov formation exploration maturity of a Western Siberia field
Пример изученности баженовской свиты на месторождениях Западной Сибири



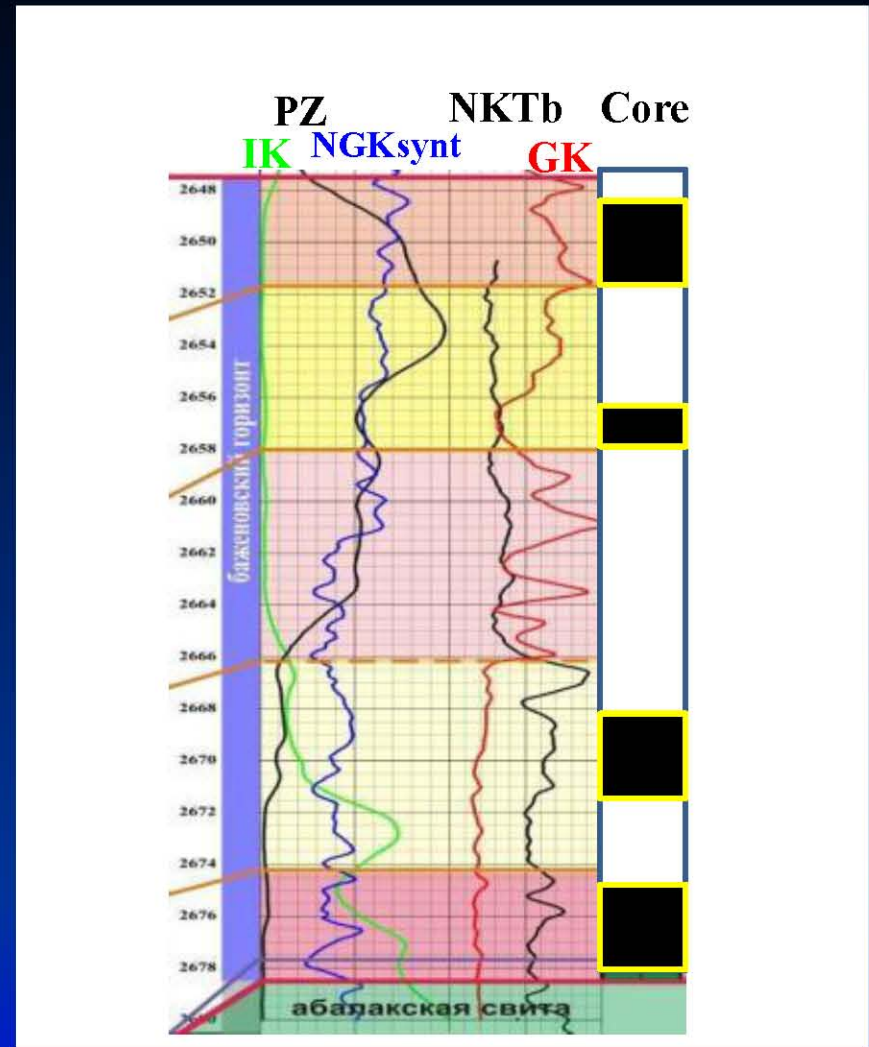
Example of well's data of the Bazhenov formation

Пример изученности скважин баженовской свиты

Well 1 Скважина 1



Well 2 Скважина 2

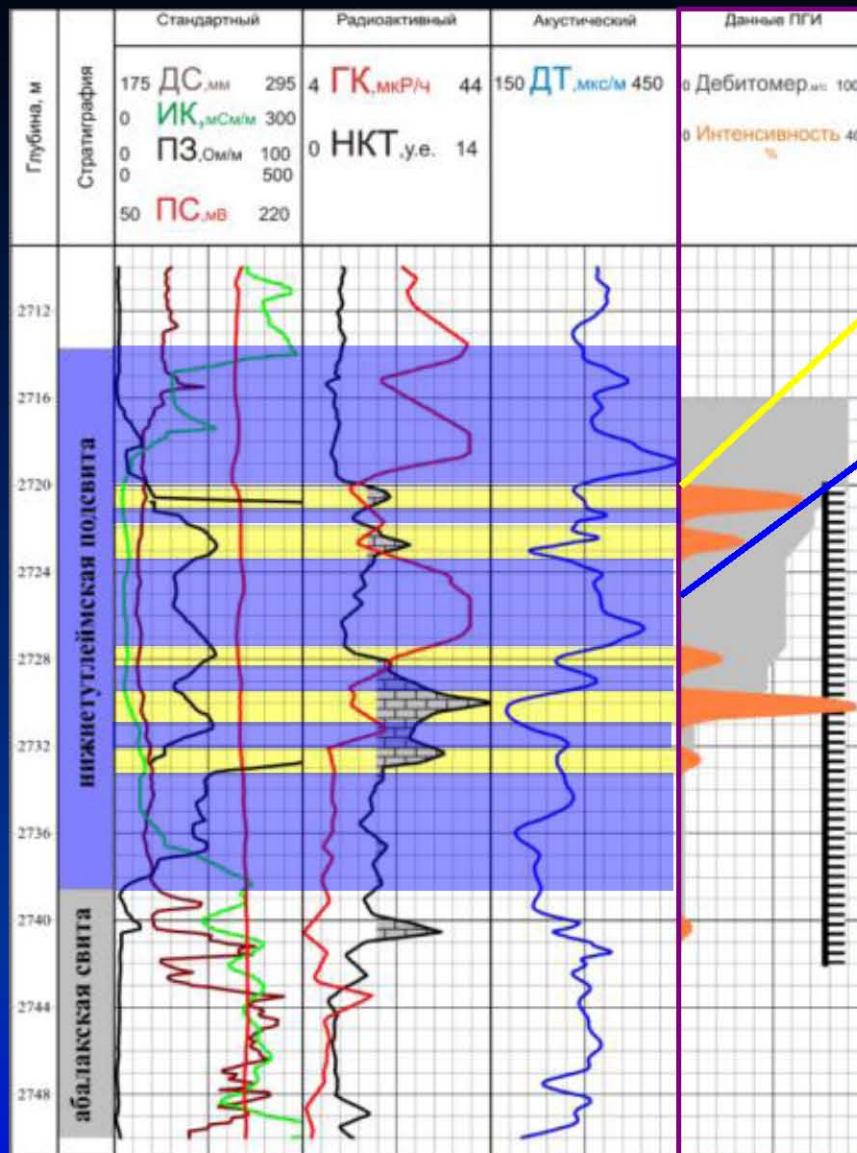


The target: to evaluate new wells with core & modern log after that to evaluate old ones

Задача: провести интерпретацию новых скважин с керном и расширенным комплексом ГИС и после этого перейти к интерпретации скважин старого фонда

Inflowing intervals identification based on Production log

Выделение коллекторов по данным промыслово-геофизических исследований (ПГИ)*



Inflow intervals (Carrier beds)
Коллектор

Tight (Impermeable) rocks
Неколлектор

The well is under natural flow development more than 5 years. Cumulative production is more, then 50K tones.
Скважина эксплуатируется фонтанным способом в течении 5 лет/Накопленная добыча 50 тыс.т

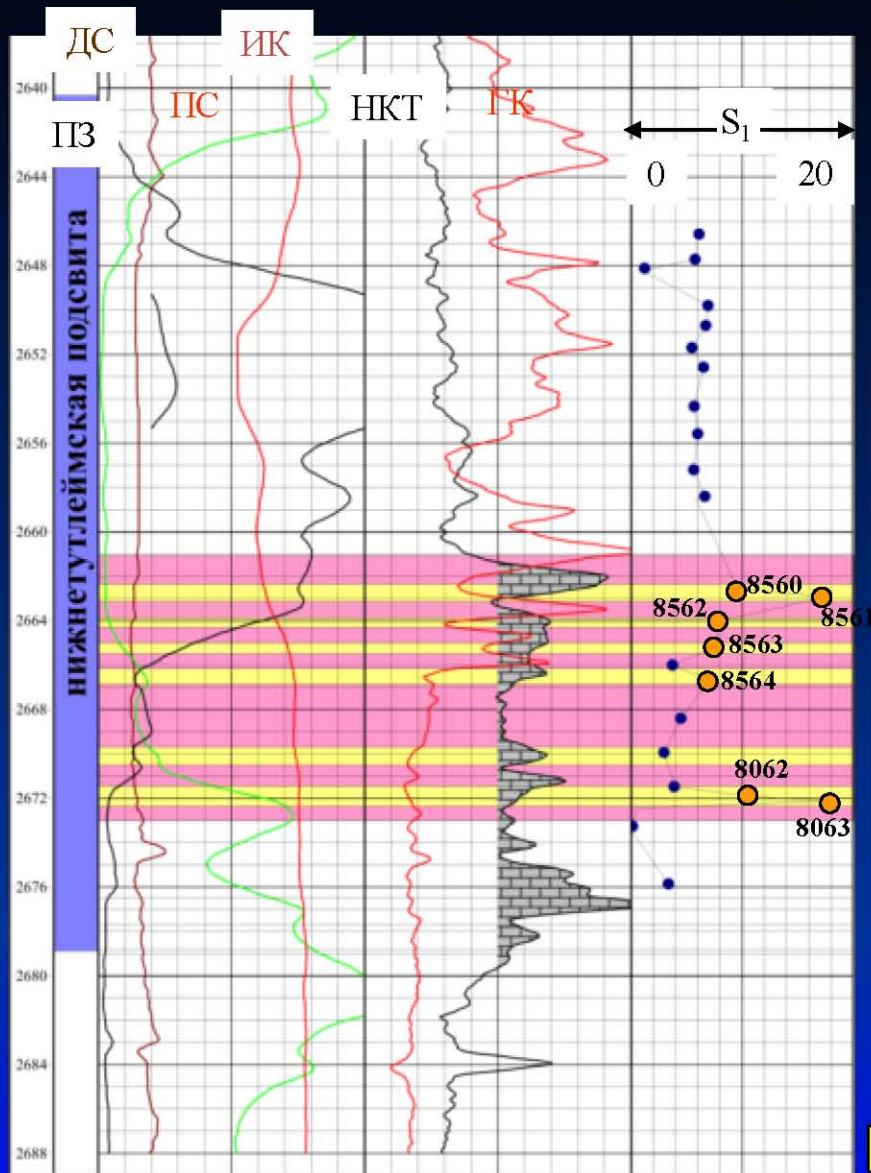
Условные обозначения
1 - приточные интервалы по промыслово-геофизическим данным;
2 - уплотнение по НГК; 3 - интервал перфорации

1 – carrier beds, 2 – positive anomaly of neutron log,
3 – perforation interval

* Славкин В.С. Некоторые аспекты геологического строения и перспектив нефтеносности баженовской свиты на западе Широтного Приобья / Славкин В.С., Алексеев А.Д., Колосков В.Н. // Нефтяное хозяйство. – 2007. – №8

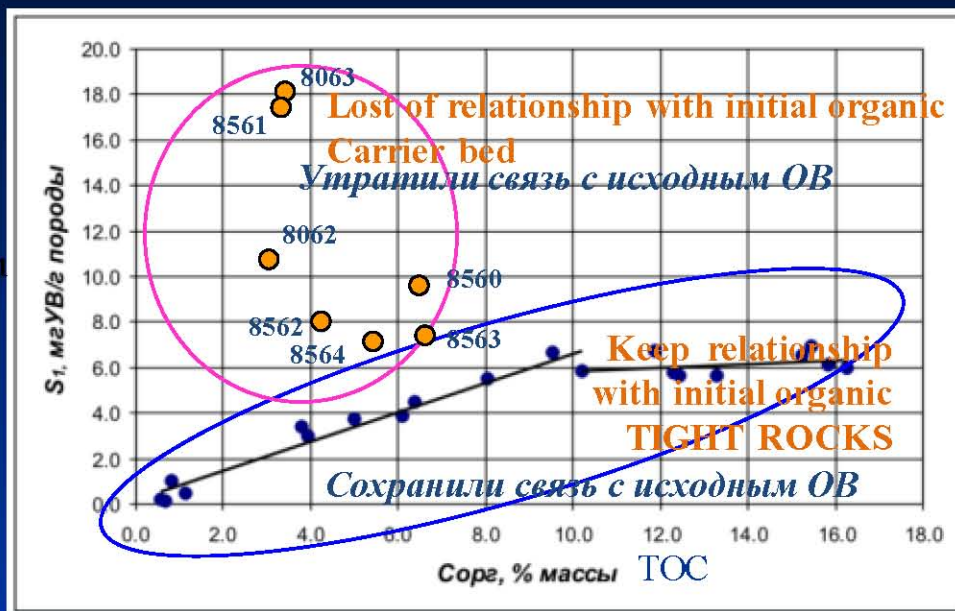
Carrier beds identification by geochemical approaches

Выявление коллекторов геохимическими методами



Comparison of TOC vs. S₁ of Rock-Eval for well
(researching made in geochemical center of VNIGNI)

Сопоставление C_{орг} и S₁ по разрезу скважины
(исследования выполнены в геохимическом центре ВНИГНИ)



- - образцы с аномально высоким содержанием жидких УВ / samples with anomalous high content of fluid oil-like hydrocarbons

■ - коллектор / carrier bed

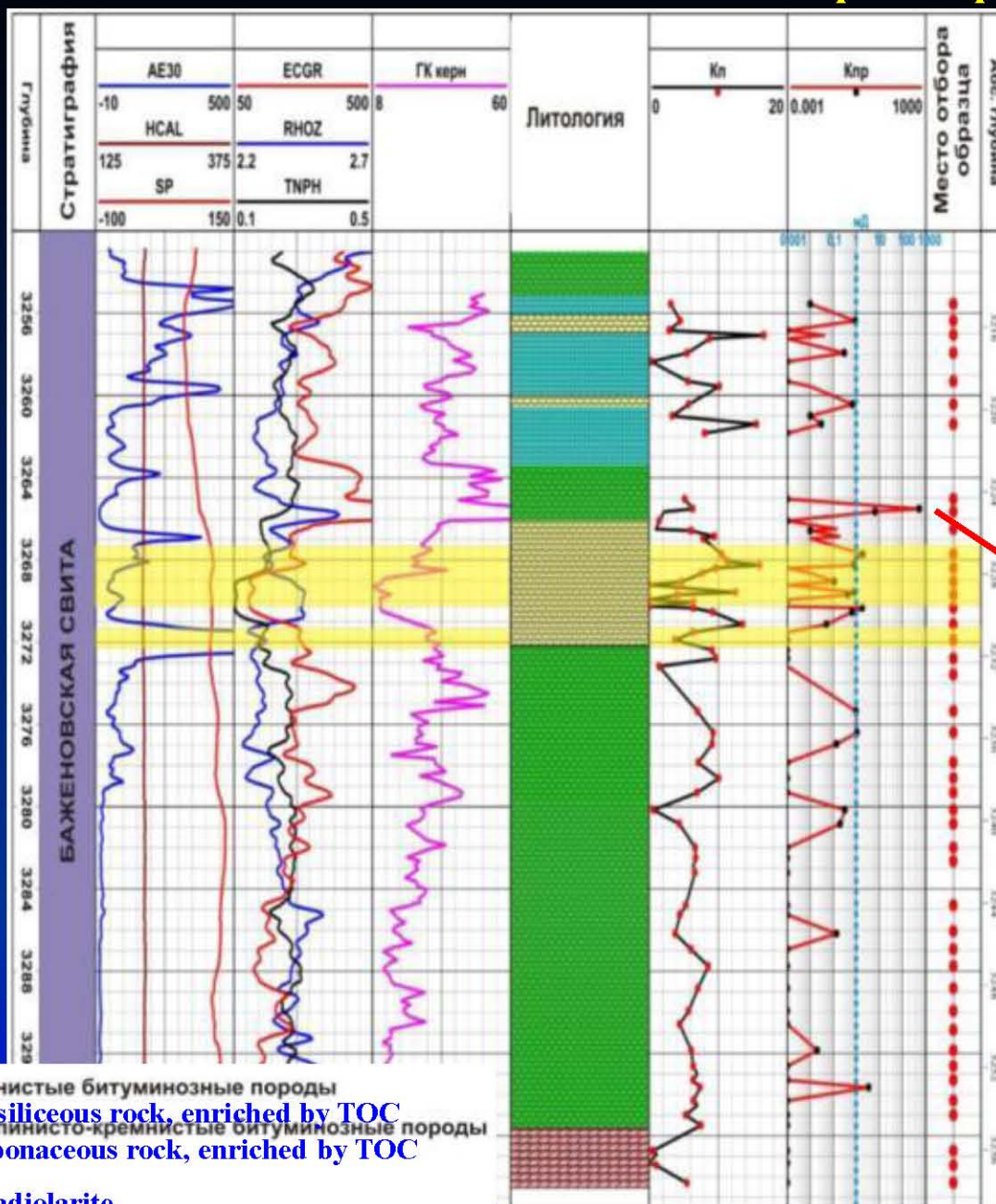
S₁ – содержание жидких углеводородов / oil-like hydrocarbons

Bazhenov Poro&Perm determination Определение ФЕС баженовской свиты



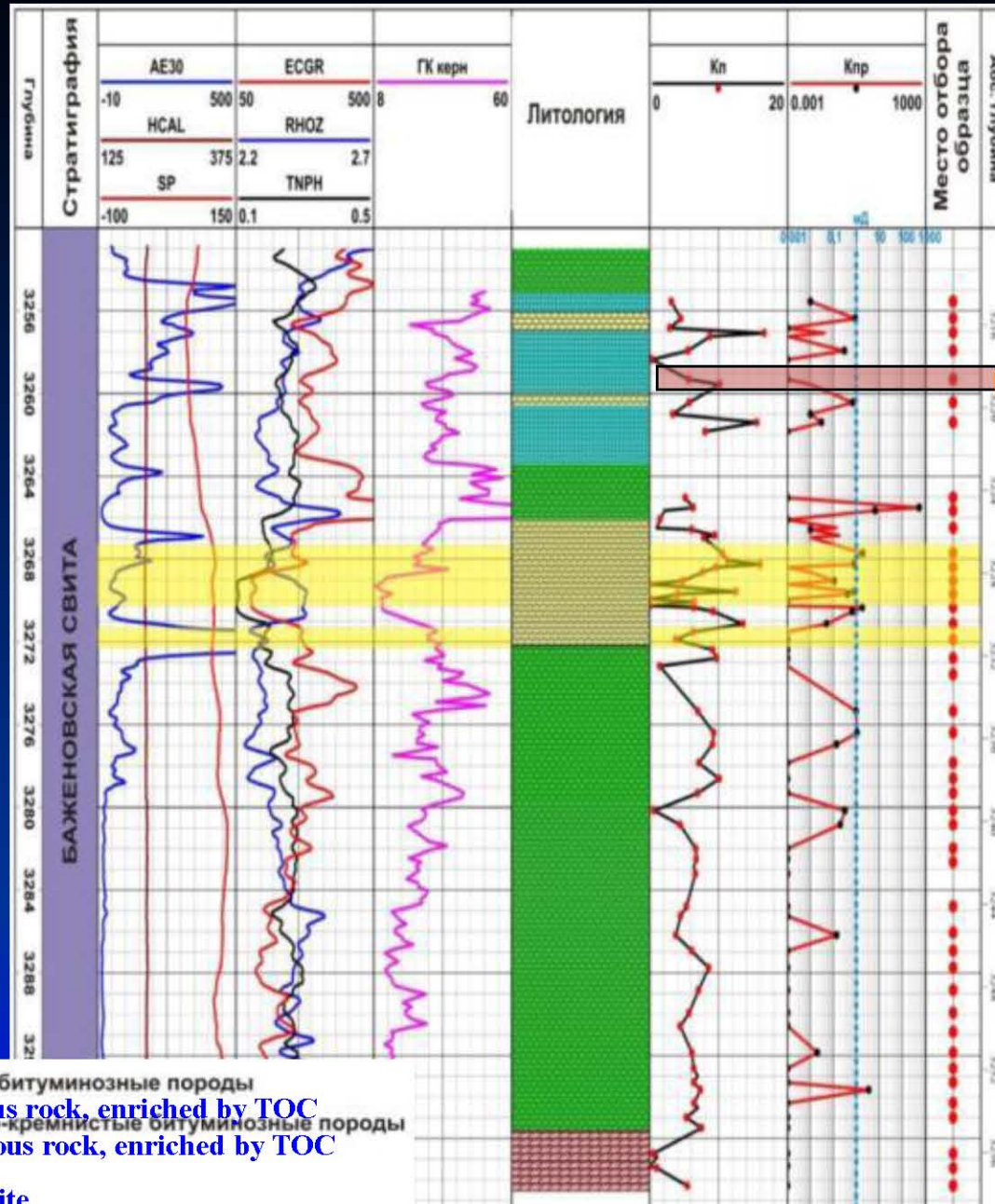
High properties variability

Высокая изменчивость ФЕС пород по разрезу



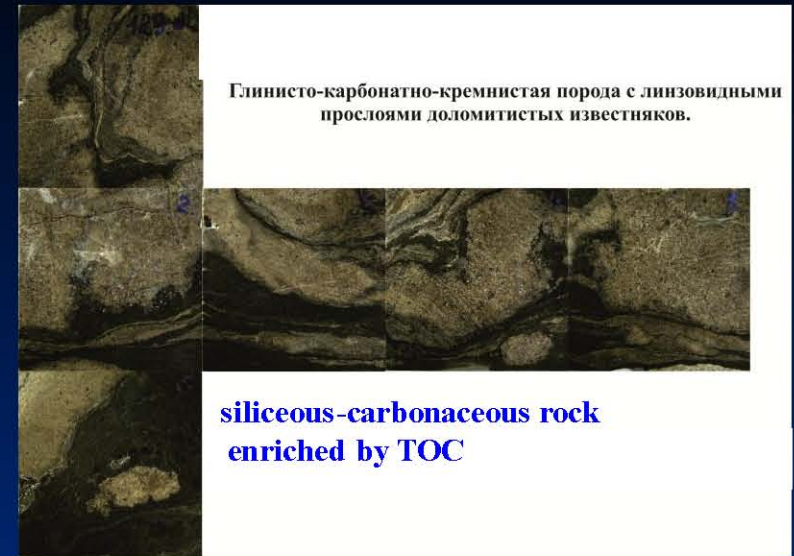
High properties variability

Высокая изменчивость ФЕС пород по разрезу



Studying reservoir properties on cubic samples

Изучение ФЕС пород на кубических образцах

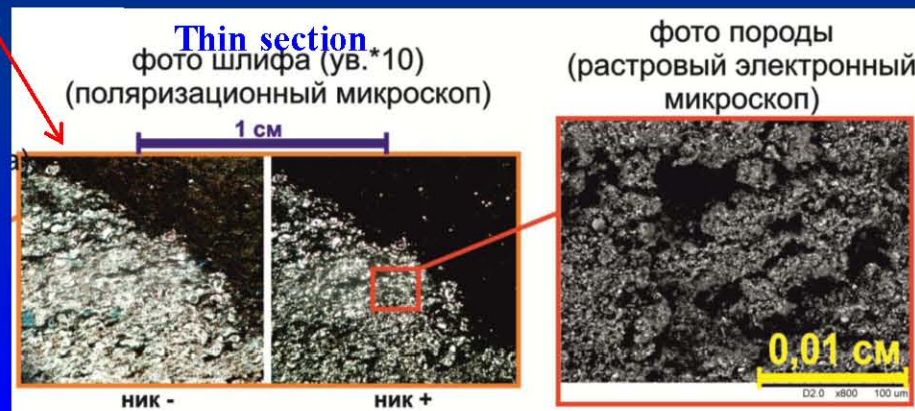
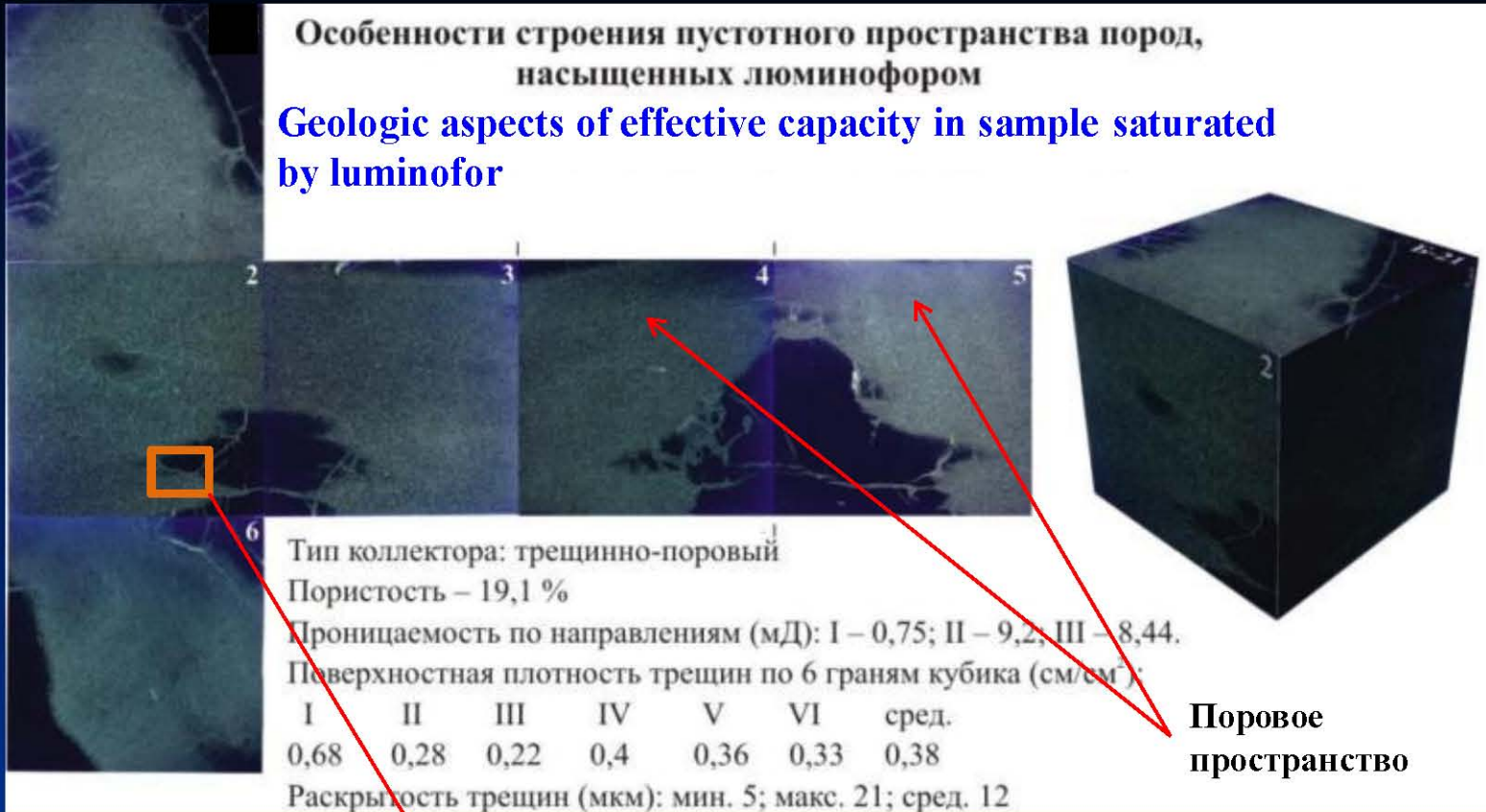


Lithological characteristic of a carrier bed

Литологическая характеристика коллектора

Особенности строения пустотного пространства пород,
насыщенных люминофором

Geologic aspects of effective capacity in sample saturated
by luminoфор



Studies of Bazhenov bitumen

Исследования битумоидов баженовской свиты

Bazhenov Geochemical cross-section based on the results of Rock-Eval before and after extraction
 Геохимический разрез отложений баженовской свиты по результатам исследований образцов пород до и после экстракции хлороформом

In the reservoir rock

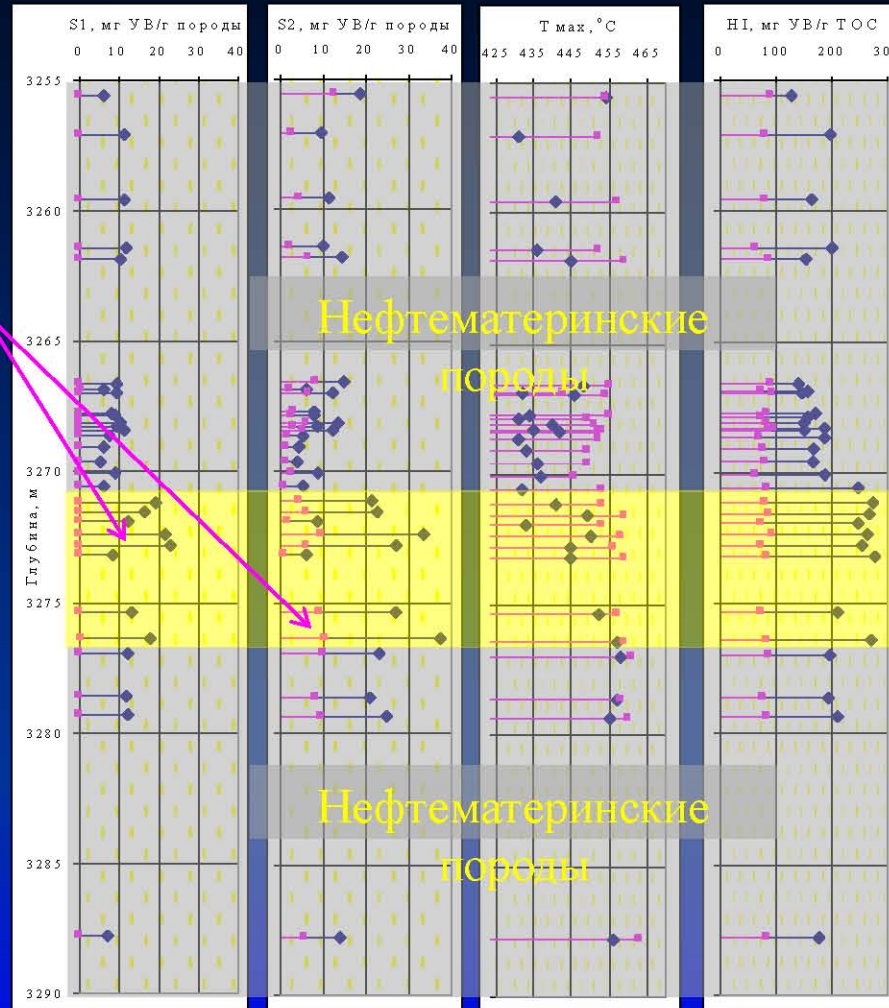
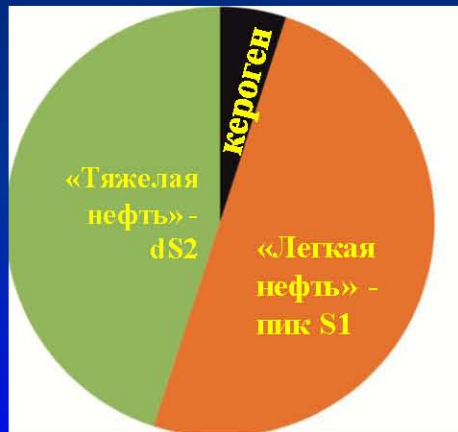
TOC= 2-3 %,

Oil - 50-60 % TOC

В породах, содержащих
 коллекторы,

Sорг = 2-3 %;

жидкие УВ (нефть) - 50-60 % ОВ



S₁

S₂,

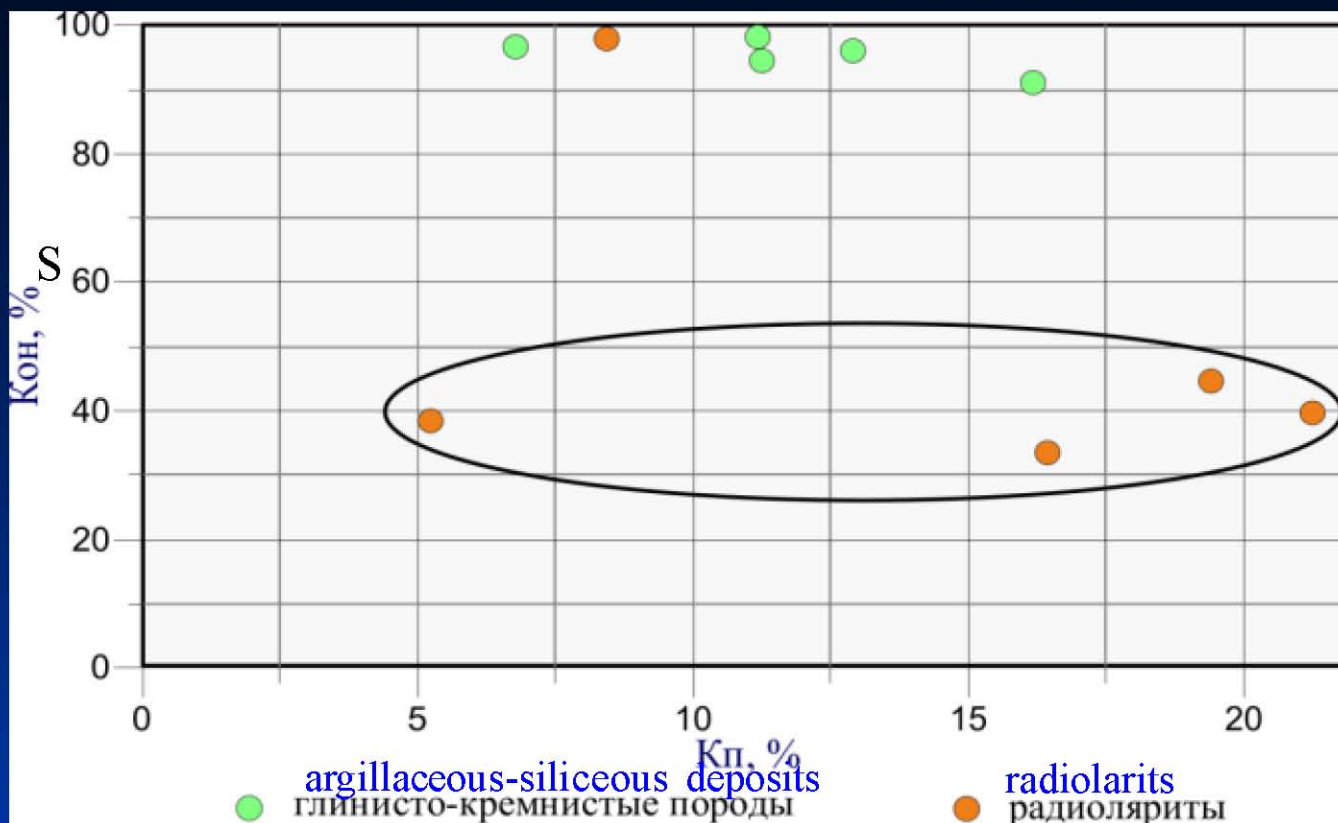
T_{max}, °C

HI

мг УВ/г породы

150-300 мг УВ/г ТОС

Kerosene porosity vs. irreducible oil derived from ultracentrifuge
Сопоставление пористости и остаточной нефтенасыщенности, полученной по керосину на ультрацентрифуге



Determination of carrier bed's irreducible oil saturation showed mobile oil occupies about 60% of a rock capacity volume

Определение остаточной нефтенасыщенности в коллекторах показало, что подвижная нефть в них занимает около 60% порового объема пород

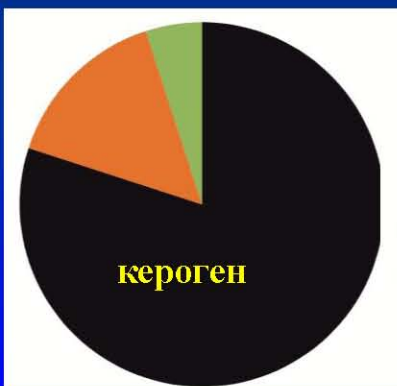
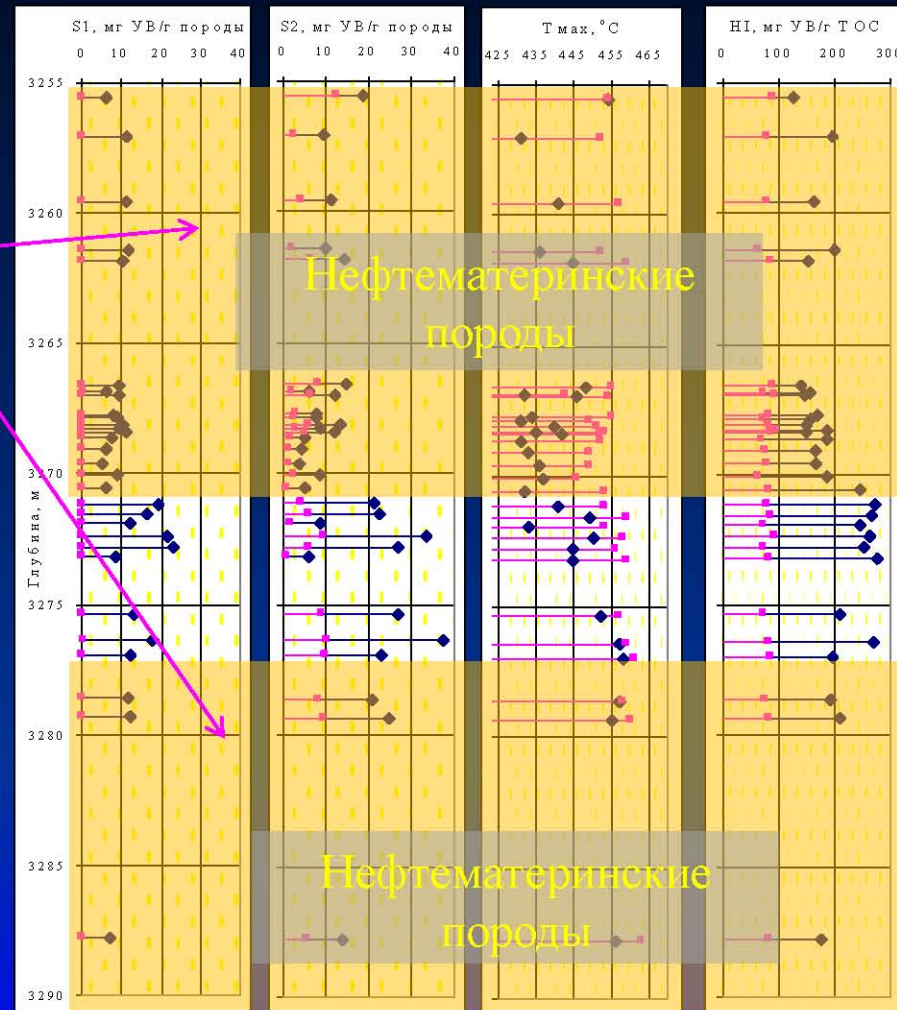
Studies of Bazhenov bitumen

Исследования битумоидов баженовской свиты

Bazhenov Geochemical cross-section based on the results of Rock-Eval before and after extraction
 Геохимический разрез отложений баженовской свиты по результатам исследований образцов пород до и после экстракции хлороформом

In source-rock
 TOC- 5-25 %.
 oil – 10-15 % TOC

В нефтематеринских породах:
 Сорг = 5-25%;
 содержание нефтеподобных
 компонентов - 10-15 % ОВ



- 1 кероген
- 2 свободные УВ
- 3 нефтеподобные компоненты, извлекаемые при экстракции

S₁ S₂ Tmax, °C HI
 мг УВ/г породы 150-300 мг УВ/г ТОС

Integrated approach of the Bazhenov carrier beds identification

Комплексный подход к выделению коллекторов в отложениях баженовской свиты

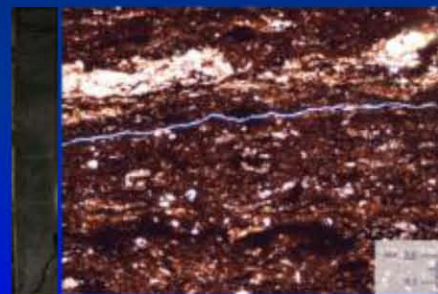
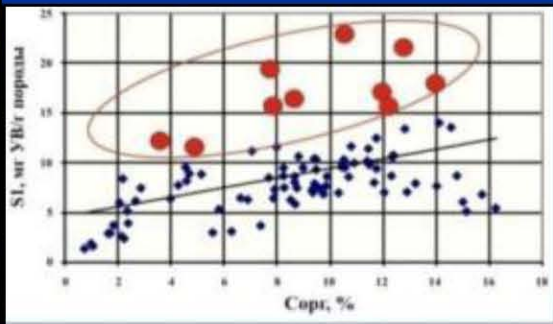
Log Analysis
Анализ
промыслово-
геофизической
информации



Lab studies of cubic samples,
with a side of 4-5 cm
Лабораторные исследования
ФЕС оптимально проводить на
кубических образцах, с гранью
4-5 см

Core geochemistry by Rock-Eval
method
Анализ результатов
геохимических исследований
пород методом Rock-Eval

Integration with lithological studies
Увязка с результатами литологических исследований
кернa



Tight (Impermeable) rock
Неколлектор



Carrier bed (Permeable rock)
Потенциальный коллектор

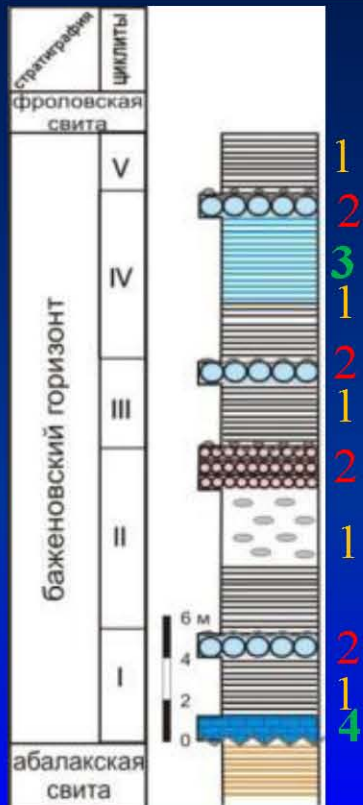
Bazhenov sediments Отложения баженовской свиты

1. Argillaceous-siliceous deposits
enriched by TOC

1. Глинисто-кремнистые породы,
обогащенные ОВ

Carrier beds

Потенциальные коллекторы



2. Secondary transformed
radiolarians

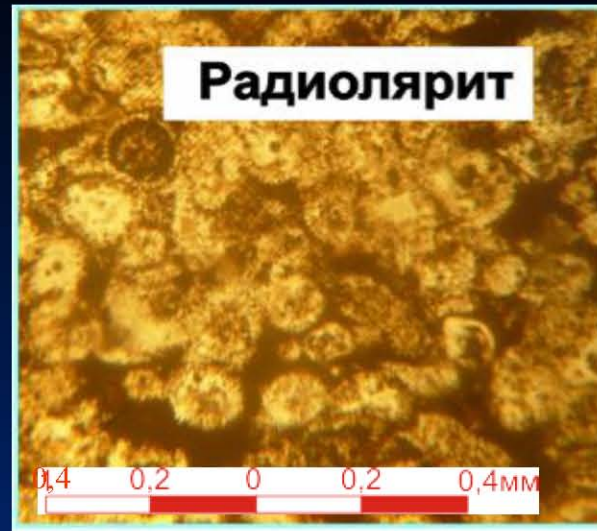
2. Вторично преобразованные
радиолариты

3. Carbonates in the top of the Bazhenov
3. Карбонаты верхней части баженовской
свиты

4. Carbonates of Abalak
4. Карбонаты абалакской свиты

Secondary transformed radiolarians

Вторично преобразованные радиоляриты



Radiolarians have small thickness (0,1-3 m),
but wildly spread in an area (tens, hundreds km)

Радиоляриты обладают небольшой толщиной (0,1-3 м),
но широко распространены на площади (десятки, сотни км)

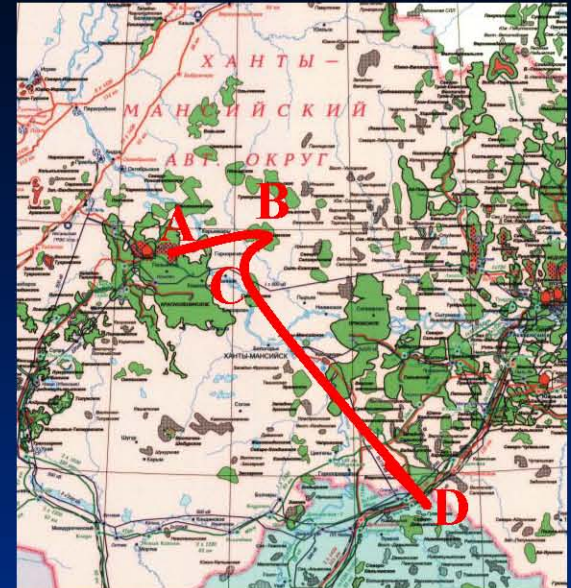
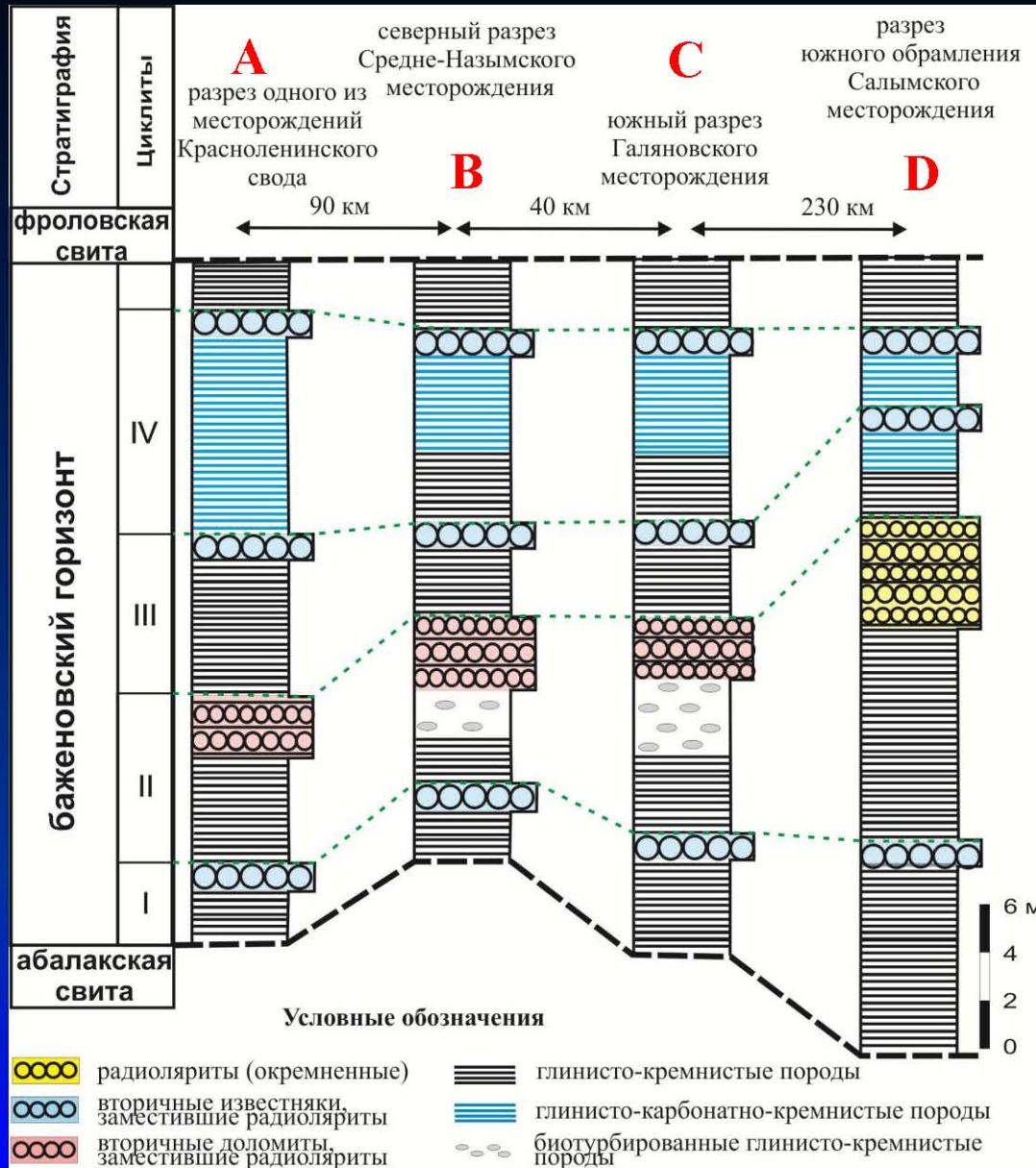


Radiolarian mud formed in time of zooplankton bioproductivity flashes, caused by periodic strengthening of influence on the Bazhenov paleosea of cold northern water, which were enriched by oxygen & nutrients (F.Gurari, V.Zakharov, S.Filina, M.Korzh and other)

Формирование радиоляриевых илов происходило при вспышках биопродуктивности зоопланктона, обусловленными, вероятно, периодическим усилением влияния холодных вод бореальных морей на баженковский бассейн седиментации, при котором воды насыщались питательными веществами и кислородом (Ф.Г.Гурари, В.А.Захаров, С.И.Филина, М.В.Корж и др)

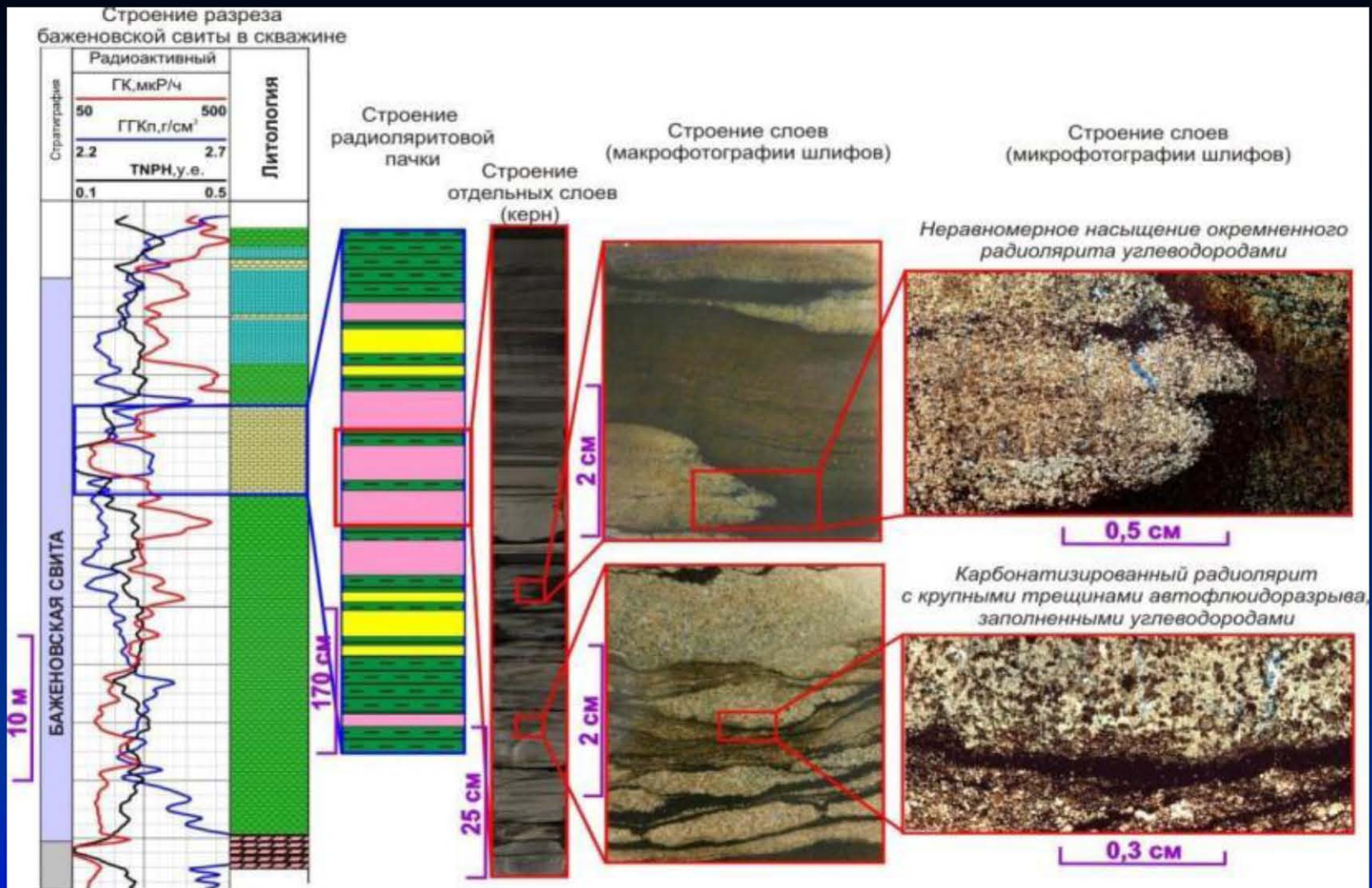
Variability of Bazhenov section in area

Изменчивость разреза баженовской свиты на площади



Radiolarites of the Bazhenov formation

Радиоляритовая пачка баженовской свиты



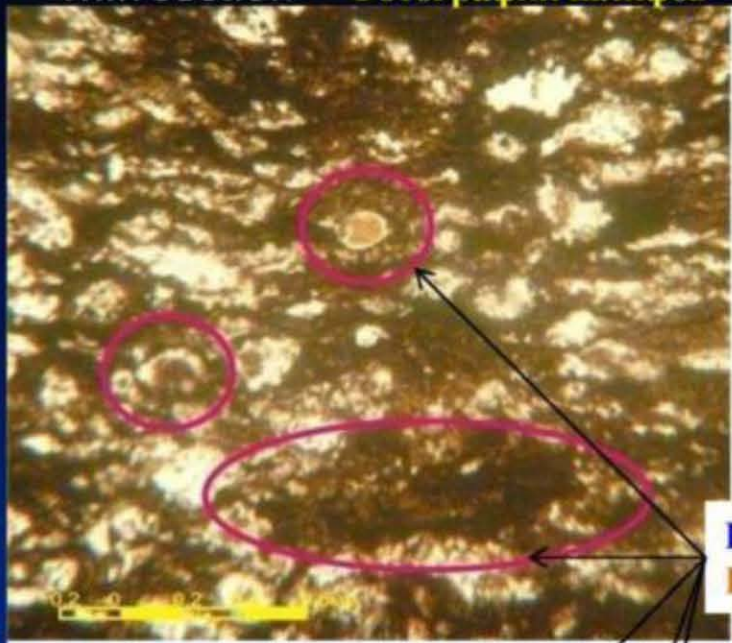
глинисто-кремнистые битуминозные породы
argillaceous-siliceous deposits, enriched by TOC
карбонатные глинисто-кремнистые битуминозные породы
siliceous-carbonaceous deposits, enriched by TOC
доломиты
dolomites
радиоляриты
radiolarians

* Немова В.Д., Бордюг М.А., Ревяко А.В. Сейсмогеологическое моделирование изменений свойств отложений баженовской свиты в межскважинном пространстве // Технологии сейсморазведки, №2, 2013 г. С.72-79.

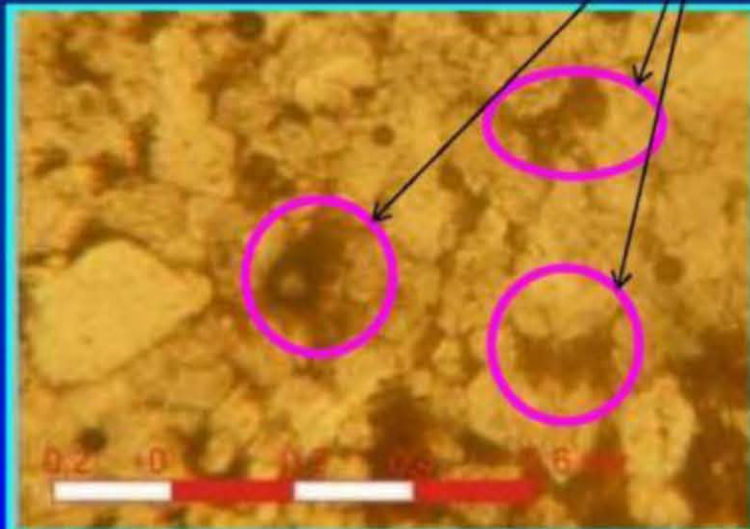
The main type of Bazhenov reservoir

Основной тип коллектора в отложениях баженовского горизонта

Thin section Фотографии шлифов



Поро
Пустоты



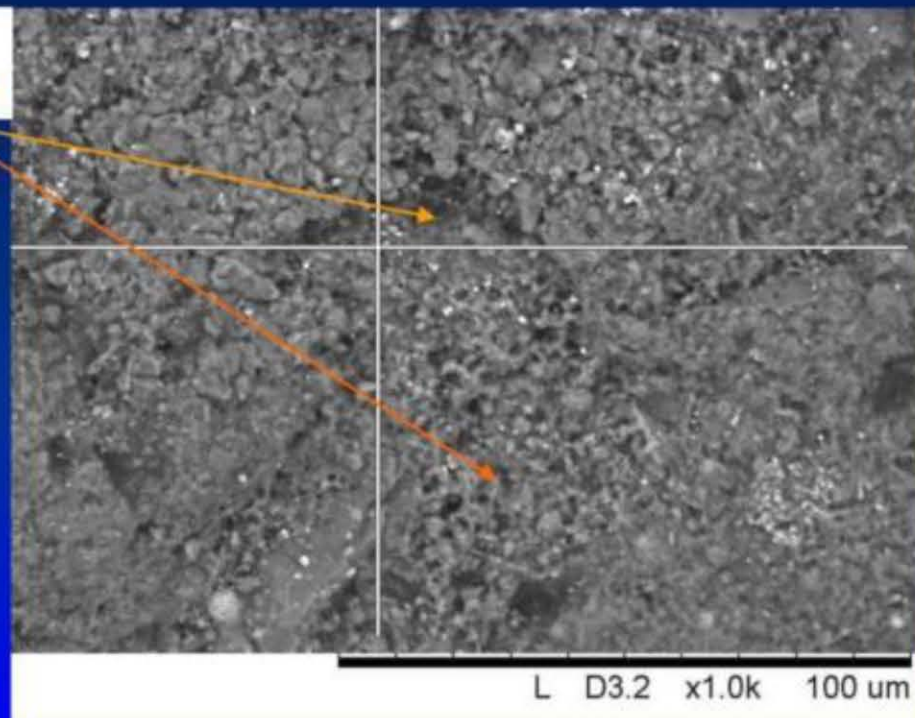
Reservoir fractured & porosity type
Коллектор трещинно-порового типа

Reservoir forms by:

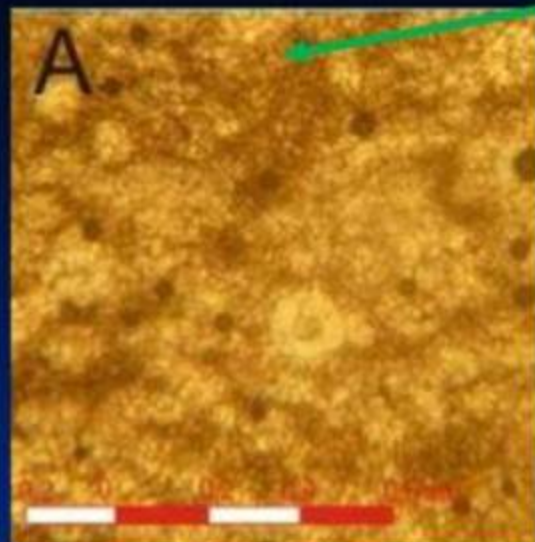
- capacity caused by secondary transformations;
- fractures (auto-fluid, tectonic) in tight layers

Коллектор формируется за счет:

- вторичной емкости, появившейся при вторичных преобразованиях;
- растрескивании хрупких слоев радиоляритов (автофлюидоразрыв, тектонический фактор)



Carbonatisation Кальцитизация пород

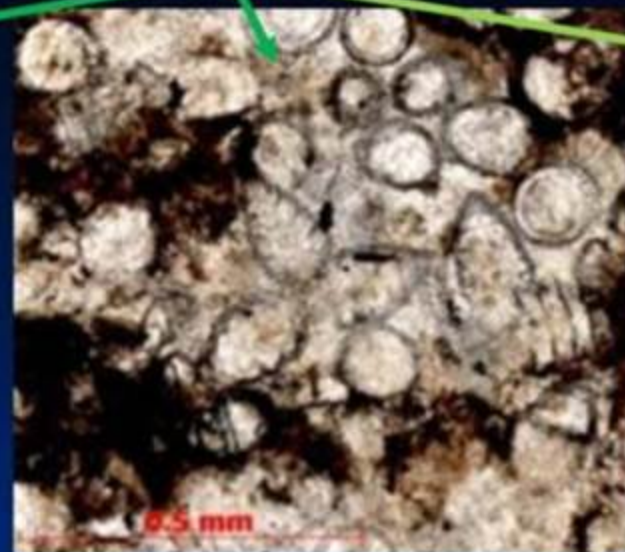


Reservoir fractured & porosity
type. Micro-fractures and poro
located between calcite crystals

+

Коллекторы
порово-трещинного типа
Микро-трещины и микропоры
распространены
между кристаллами
кальцита

+



Reservoir fractured type. Fractures
located between blocks of calcite cement

+

Коллекторы
трещинного типа
Трещины распространены
между блоками регенерационного
цемента

+



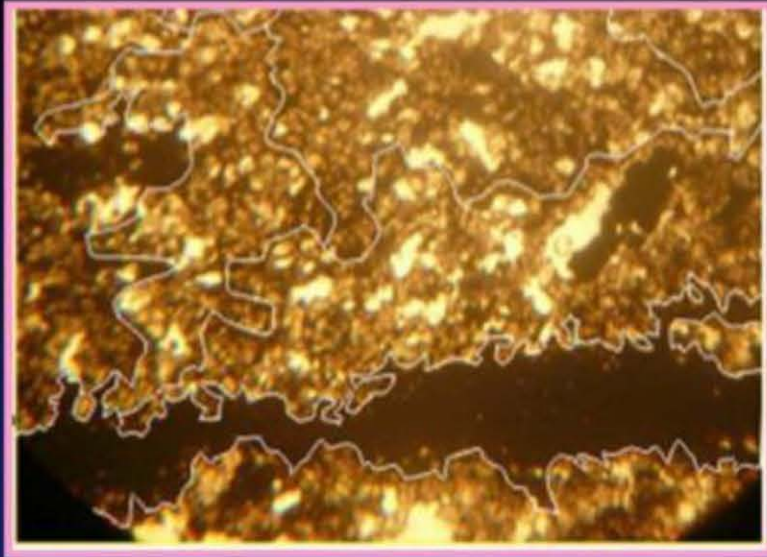
Loss of reservoirs properties,
coursed by filling of open
fractures by calcite

-

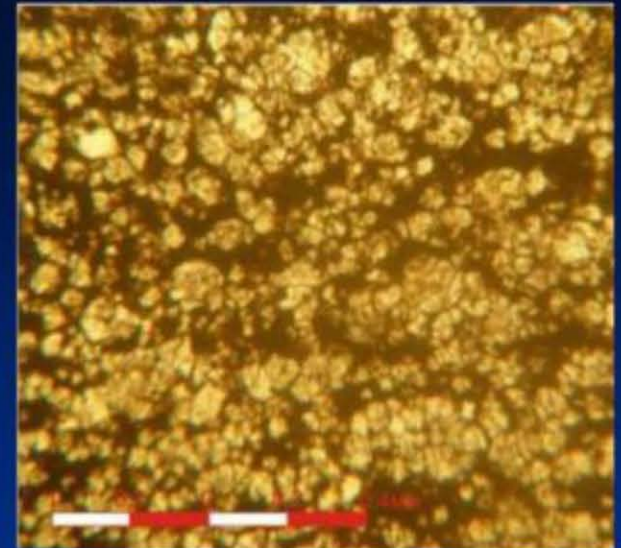
Утрата коллекторских свойств
за счет залечивания трещин
кальцитом

-

Dolomitization Доломитизация



Fractures, filled by 'heavy tails' of oil
Трещины, запечатанные «тяжелыми хвостами» нефти



Reservoirs properties loss, because
fractures were filled by 'heavy tails' of oil

Reservoir capacity = secondary porosity, created in catagenesis
in dolomitized rocks.

Permeability = system of fractures between dolomite crystals,
and along borders of the sites, combined by dolomite and silica

High-capacious reservoir fractured & porosity type
in siliceous dolomite

+

Емкость коллектора = вторичная пористость,
сформировавшаяся в категенезе при доломитизации пород.

Проницаемость = система трещин, идущих между
кристаллами доломита, а также вдоль границ участков,
сложенных доломитом и кремнистым веществом

Высокоемкий трещинно-поровый коллектор в кремнистом
доломите

+

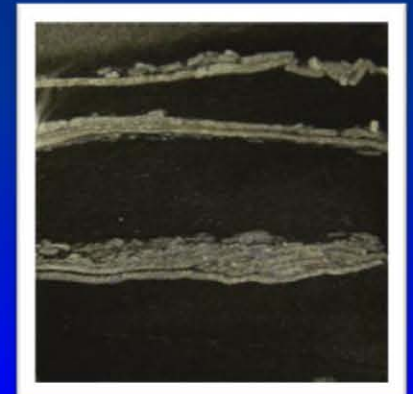
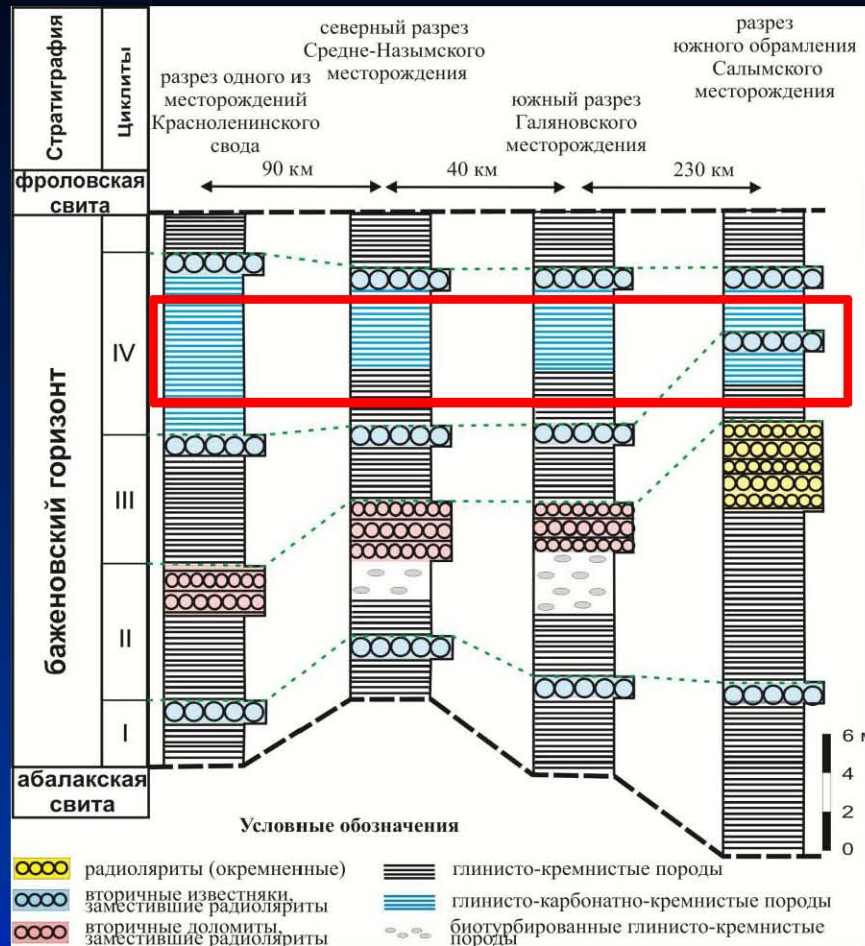
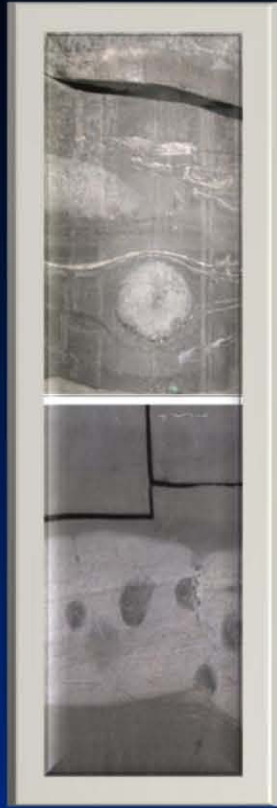
Утрата коллекторских свойств за счет
заполнения пустотного пространства
тяжелыми хвостами нефти

-

Radiolarians widely spread in hundreds kilometers, but their Poro&Perm are variable in a field area because of secondary transformations and structure-tectonic factors

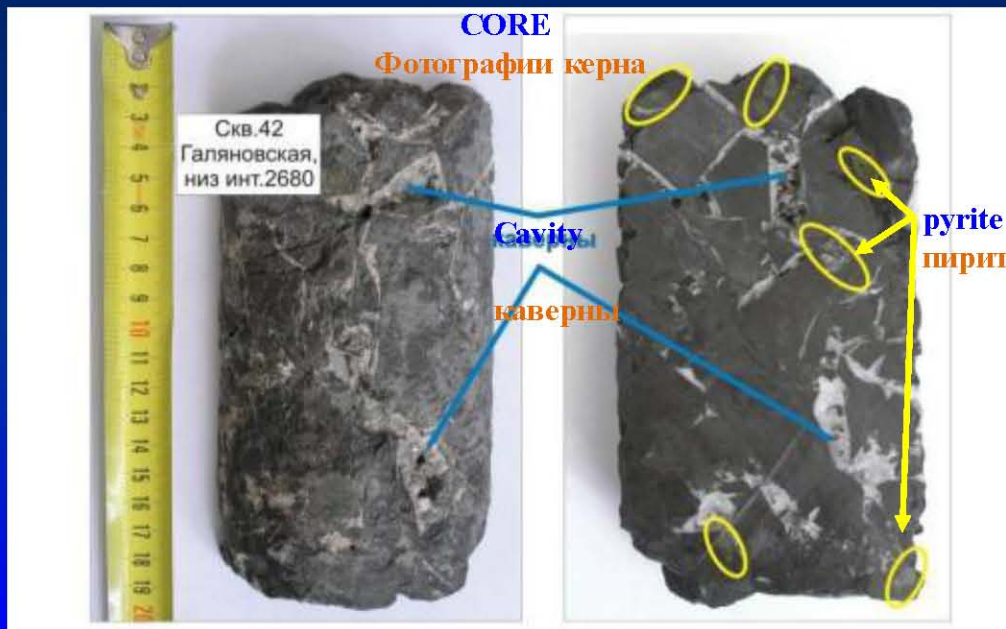
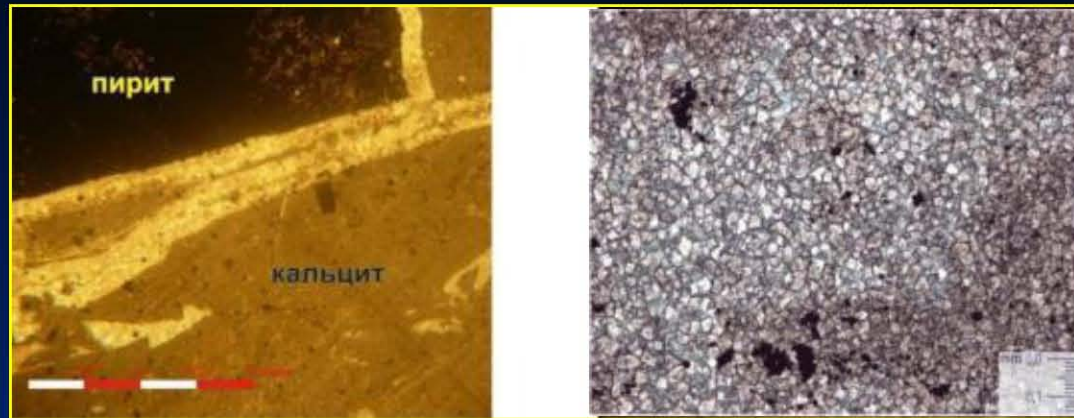
Радиоляритовые слои прослеживаются на сотни километров, однако их ФЕС весьма изменчивы на площади месторождения за счет разнообразия вторичных процессов и влияния структурно-тектонического фактора

Carbonates in the top of the Bazhenov formation Карбонаты верхней части баженовской свиты



Carbonates of the Abalak formation Карбонаты абалакской свиты

Thin section / Фотографии шлифов
Limestone / Известняк Dolomite / Доломит



Apriary geological model creation based on core and logs

Создание априорной геологической модели по керну и данным ГИС

Lithology sections creation for wells with core

Создание литологических колонок всех скважин с керном



Generalized lithology section creation based on core and logs. Layering based on log.
Создание обобщенной литологической колонки разреза, увязанной с данными ГИС.
Разделение разреза на пачки, обладающие определенной характеристикой по ГИС



Lithology sections creation for wells without core (only based on log)

Формирование литологических колонок по данным ГИС в скважинах без керна



Investigation of Bazhenov layers variability for a field area

Выявление изменчивости толщин пачек и их свойств на площади месторождения



Objectives setting for seismic interpretation based on core, log and results of wells production

Постановка задачи для интерпретации данных сейсморазведки проведена на основе исследований керна, каротажа и промысловой информации

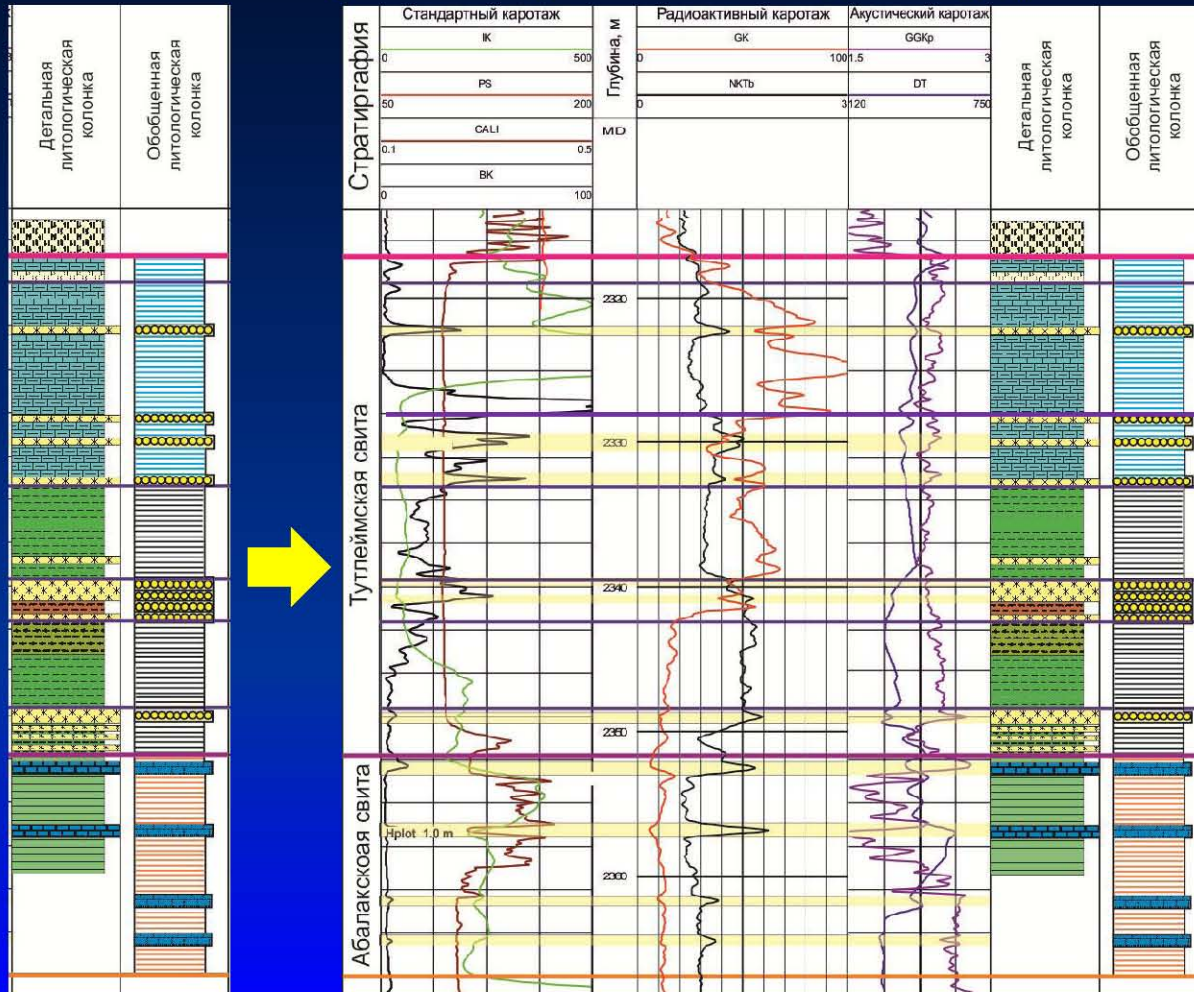
Apiary geological model creation based on core and logs

Создание априорной геологической модели по керну и данным ГИС

lithological section
литологические
колонки

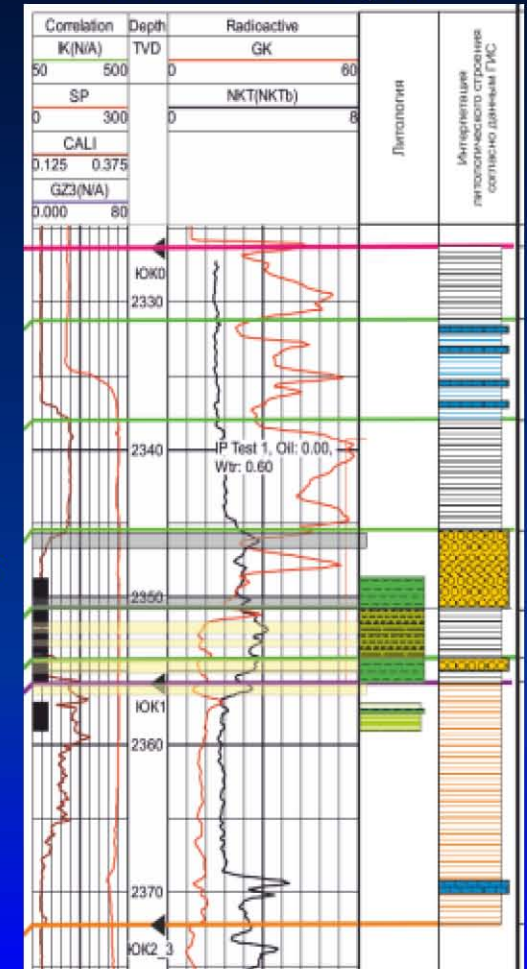
Generalized lithology section creation based on core and logs. Layering based on log.

Создание обобщенной литологической колонки разреза, увязанной с данными ГИС. Разделение разреза на пакки



Lithology sections creation for wells without core (only based on log)

Формирование литологических колонок по данным ГИС в скважинах без керна



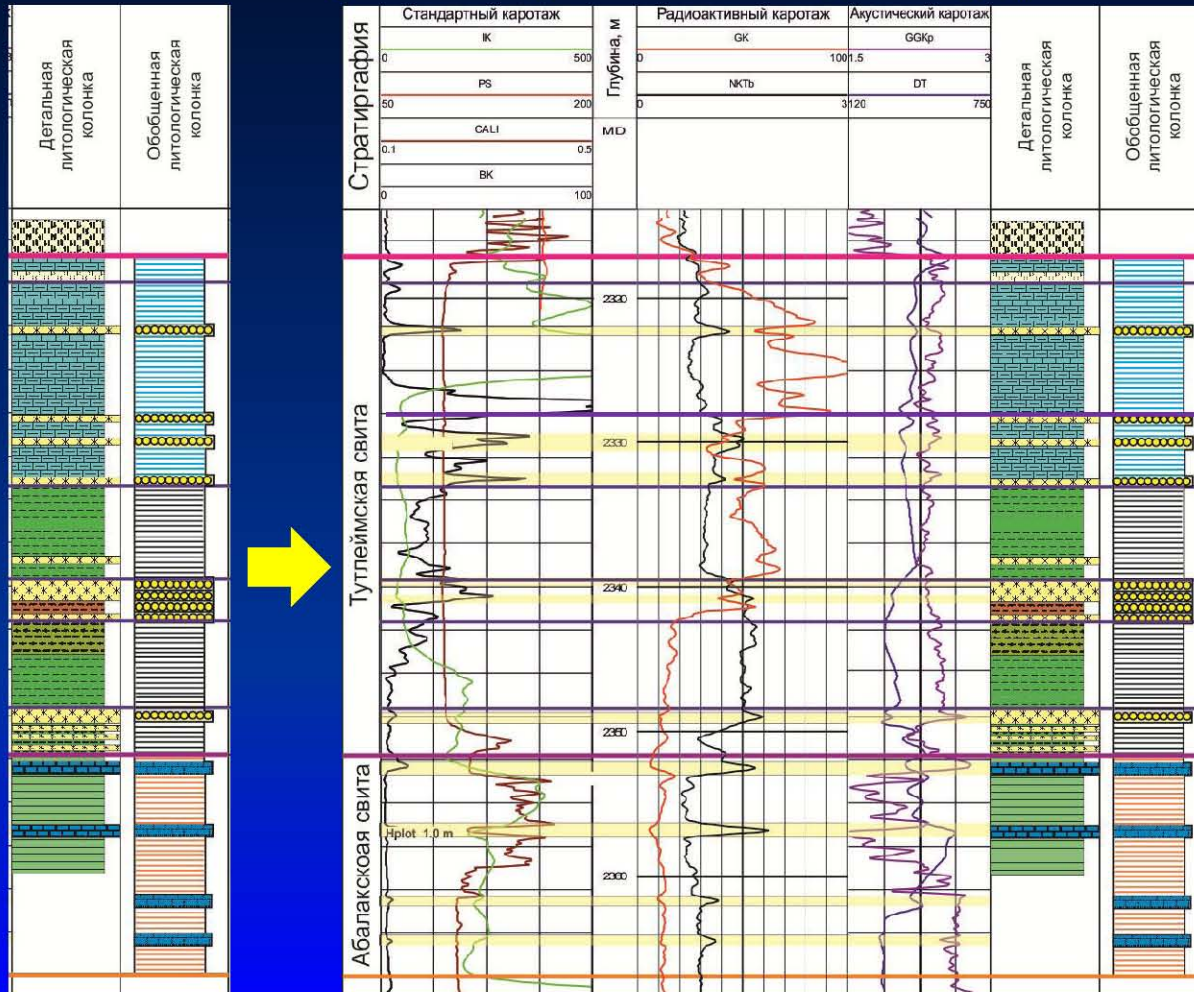
Apiary geological model creation based on core and logs

Создание априорной геологической модели по керну и данным ГИС

lithological section
литологические
колонки

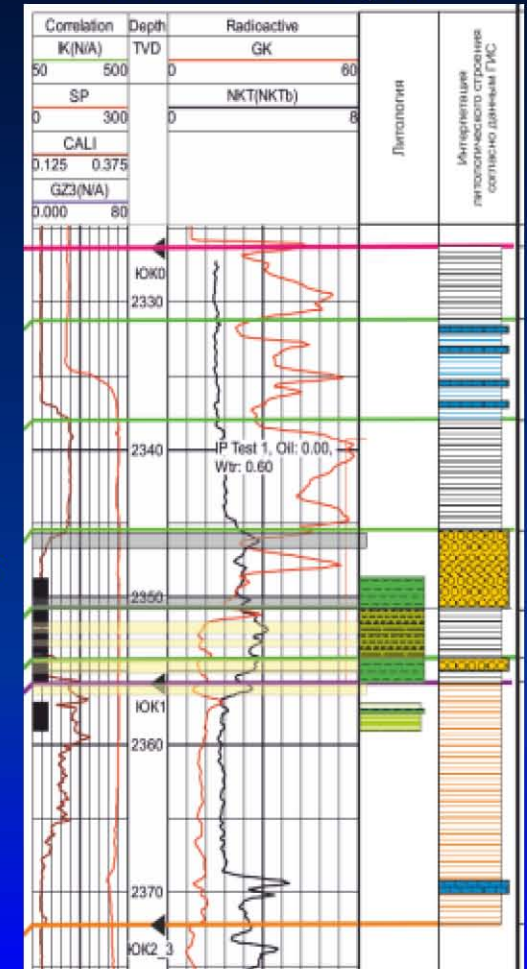
Generalized lithology section creation based on core and logs. Layering based on log.

Создание обобщенной литологической колонки разреза, увязанной с данными ГИС. Разделение разреза на пакки



Lithology sections creation for wells without core (only based on log)

Формирование литологических колонок по данным ГИС в скважинах без керна

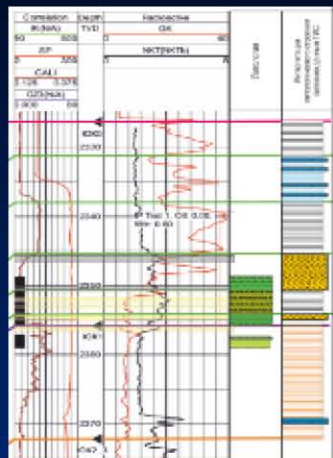


Apiary geological model creation based on core and logs

Создание априорной геологической модели по керну и данным ГИС

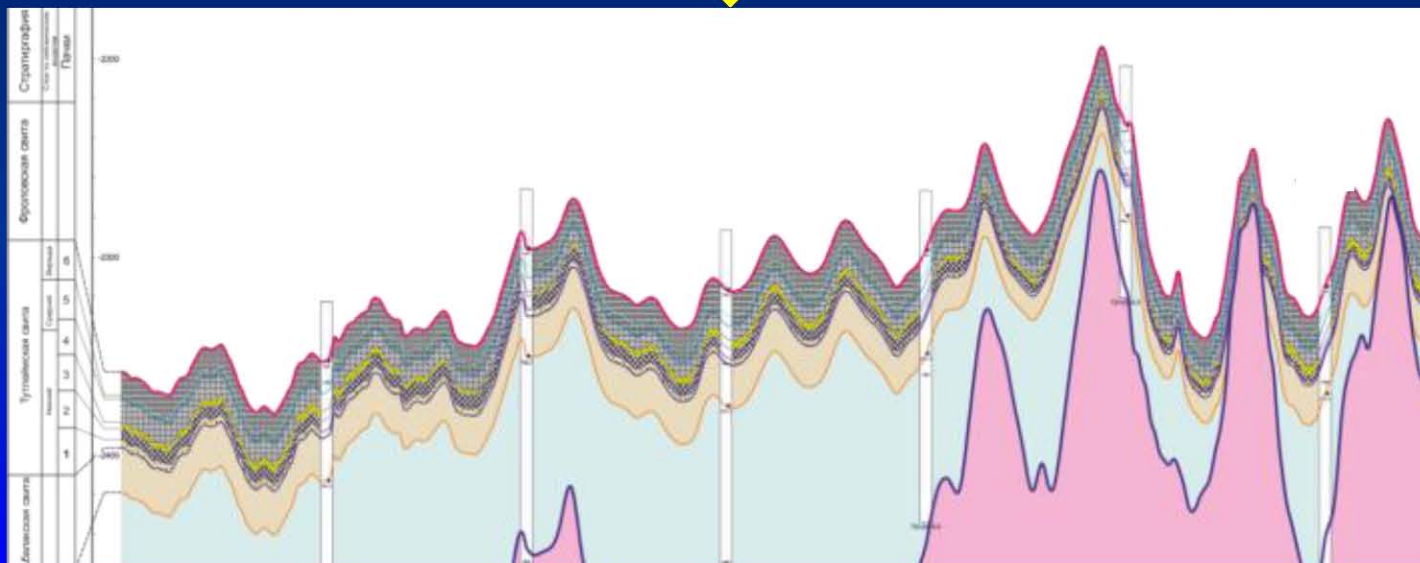
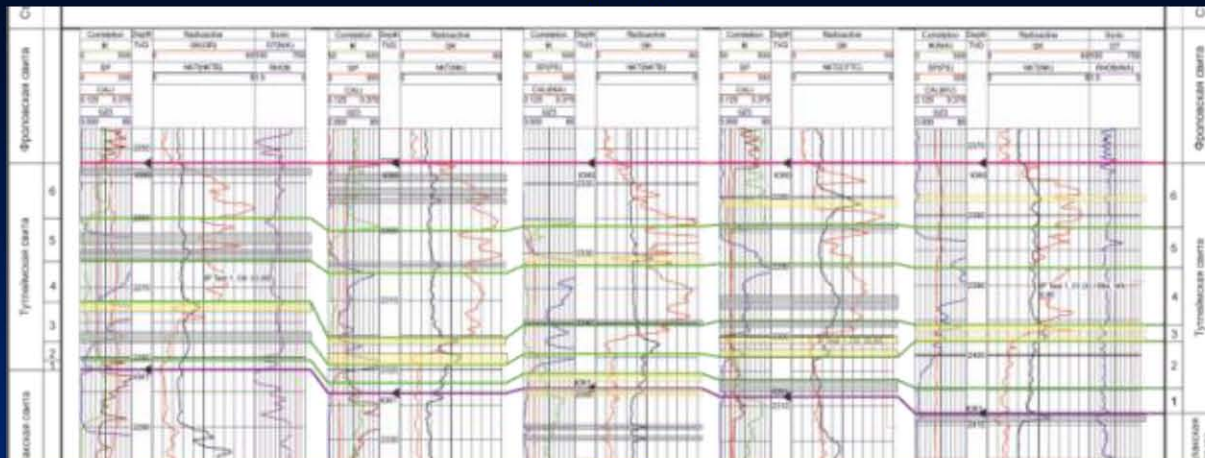
Lithological section based on logs

Литологические колонки по
данным ГИС



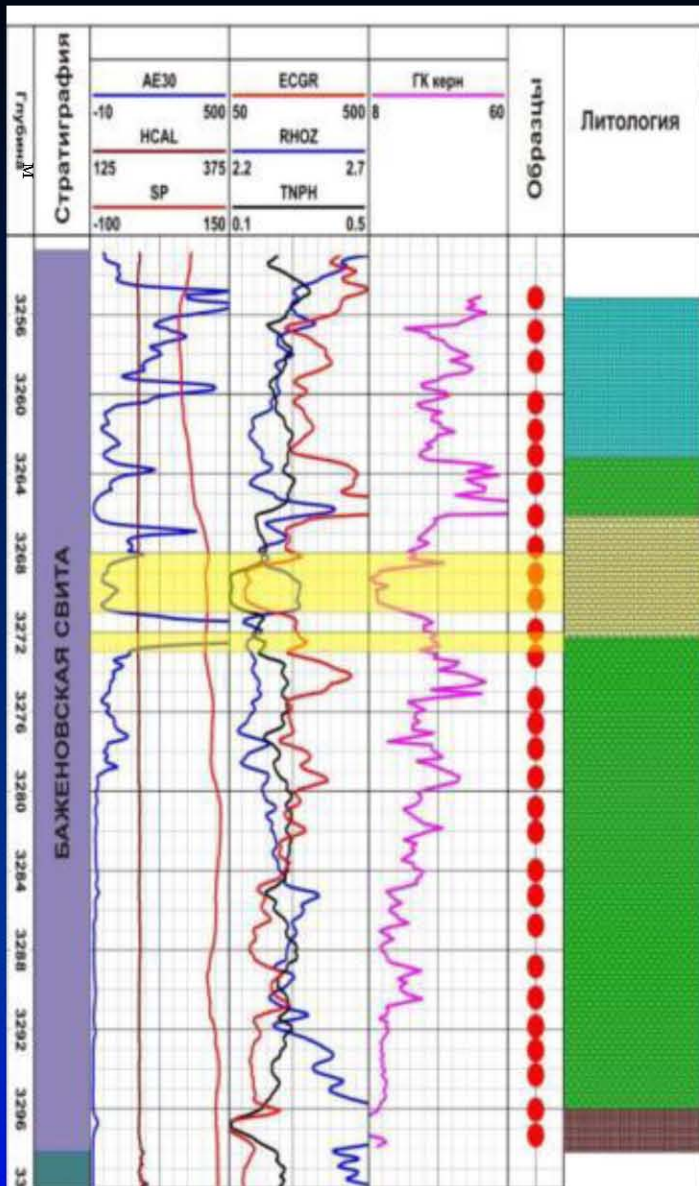
Investigation of Bazhenov layers variability for a field area

Выявление изменчивости толщин пачек и их свойств на площади
месторождения



Physical properties of Bazhenov formation

Физические свойства пород баженовской свиты



$V=4100 - 4500$ м/с
 $\rho=2,2 - 2,5$ г/см³

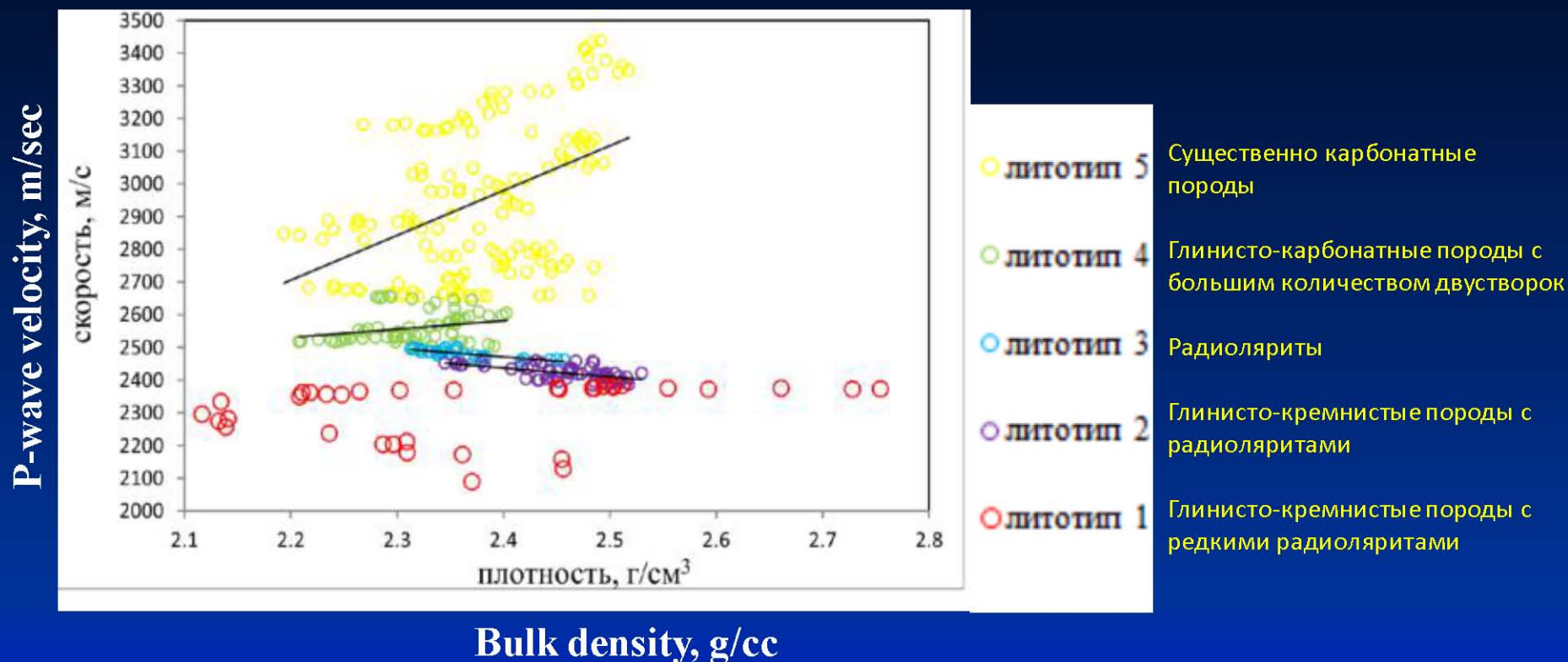
$V= 5400$ м/с
 $\rho= 2,7 - 2,9$ г/см³

$V=3000 - 4010$ м/с
 $\rho=2 - 2,3$ г/см³

$V= 6000$ м/с
 $\rho= 2,8 - 3,0$ г/см³

глинисто-кремнистые битуминозные породы
 argillaceous-siliceous deposits, enriched by TOC
 карбонатные глинисто-кремнистые битуминозные породы
 siliceous-carbonaceous deposits, enriched by TOC
 доломиты
 dolomites
 радиоляриты
 radiolarians

P-wave velocity versus Bulk density depend on lithotypes (core measurements in a lab)
Зависимость распространения скорости продольных волн от литотипа пласта
ЮК0 по данным керна



Acoustic inversion of seismic is the effective approach for forecasting
of variability of Bazhenov deposits

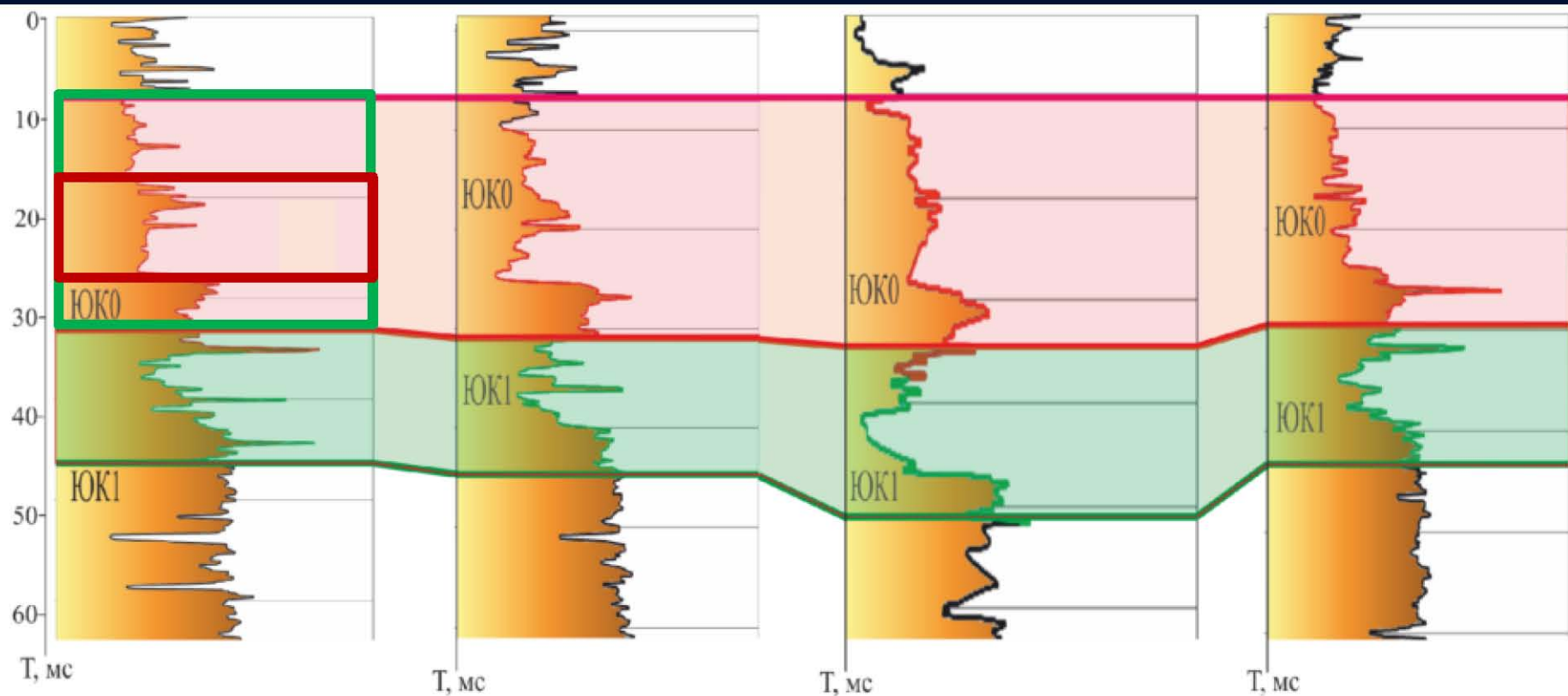
Акустическая инверсия волнового поля является эффективным
инструментом для прогнозирования изменчивости отложений
баженовской свиты на площади

Objectives for seismic interpretation have stated based on core, log and production data analysis

Задача для интерпретации данных сейсморазведки сформулирована на основании всестороннего изучения керна и промысловых данных

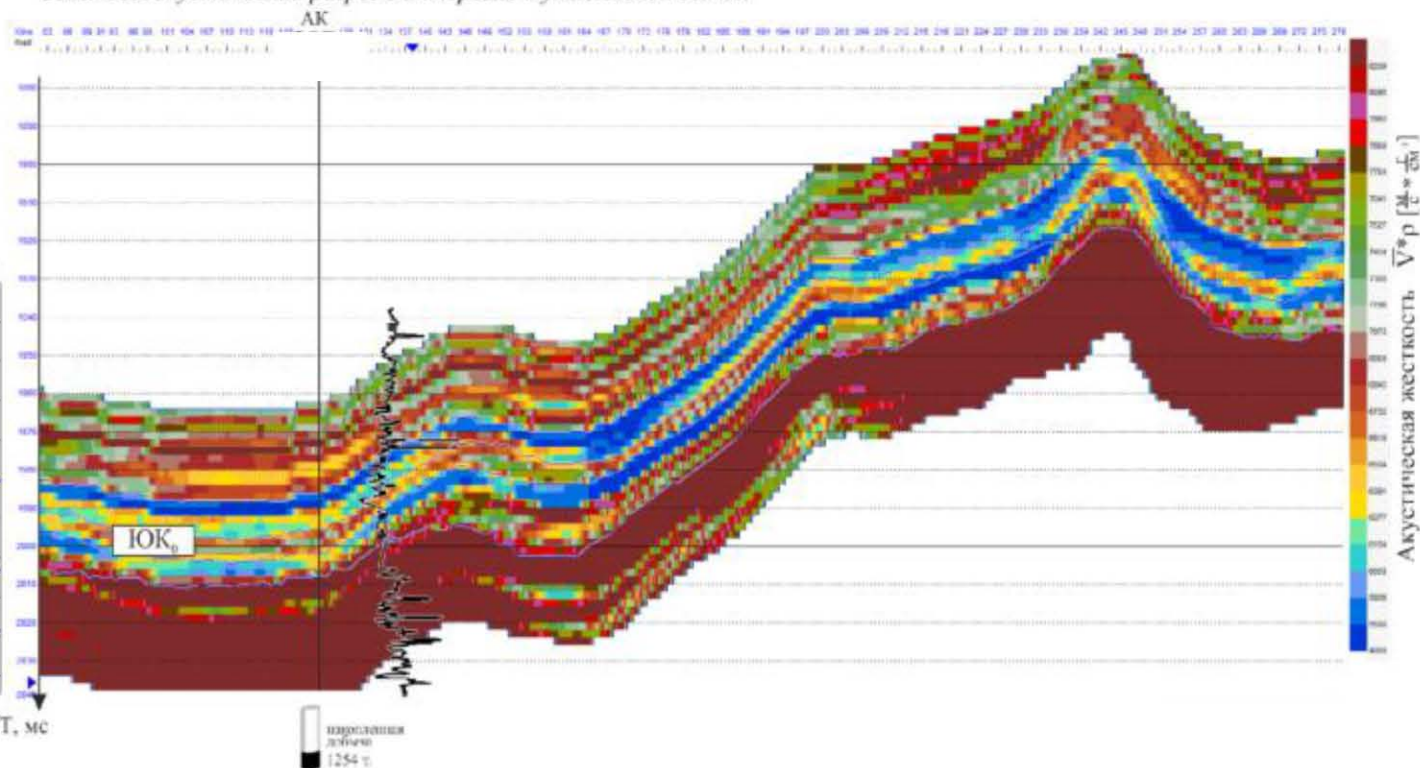


Bazhenov-Abalak acoustical models based on reference wells
Опорные акустические модели скважин в интервале пластов ЮК0-1



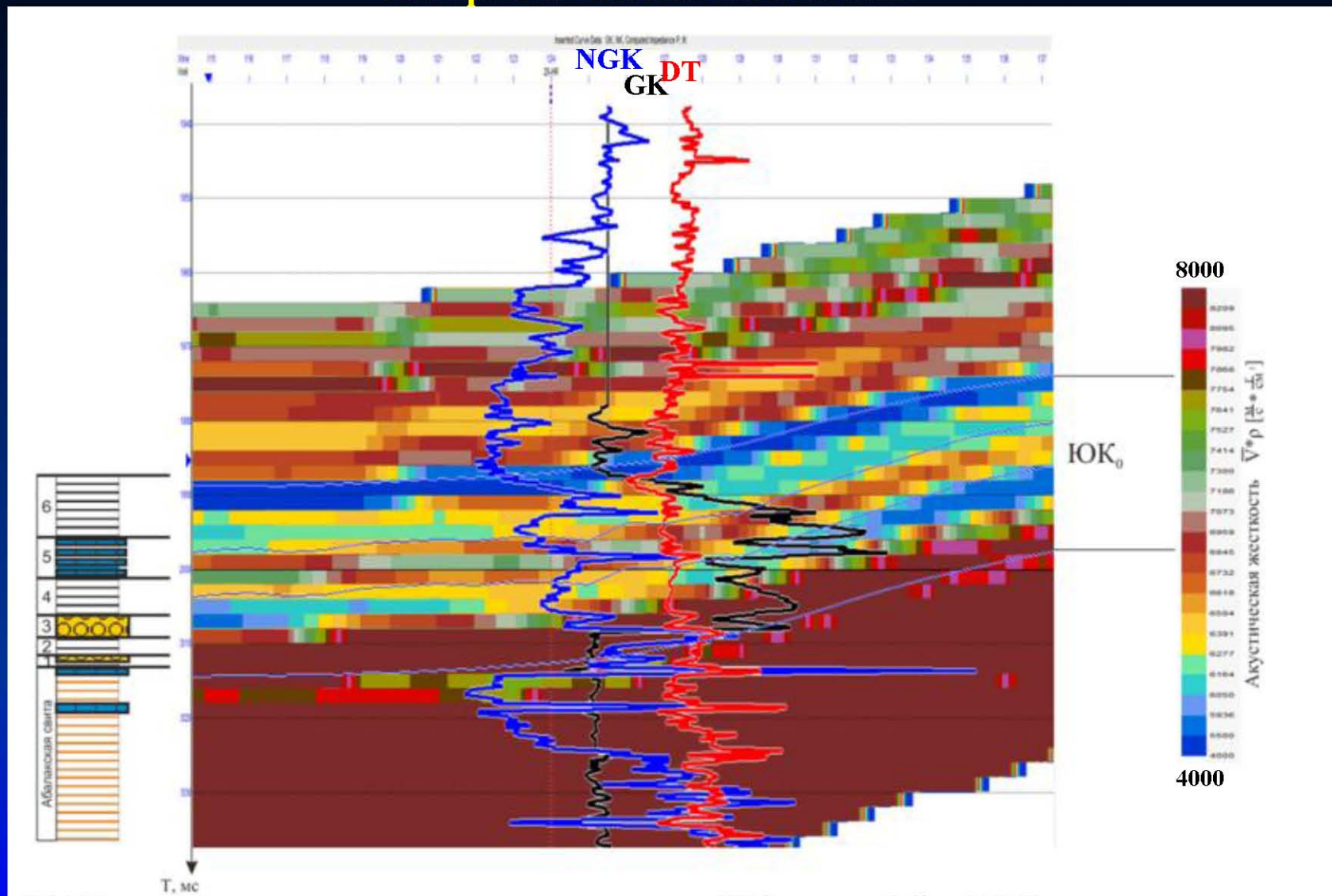
Сейсмогеоакустический разрез в интервале отложений баженовской свиты

average acoustic rigidity of UK0



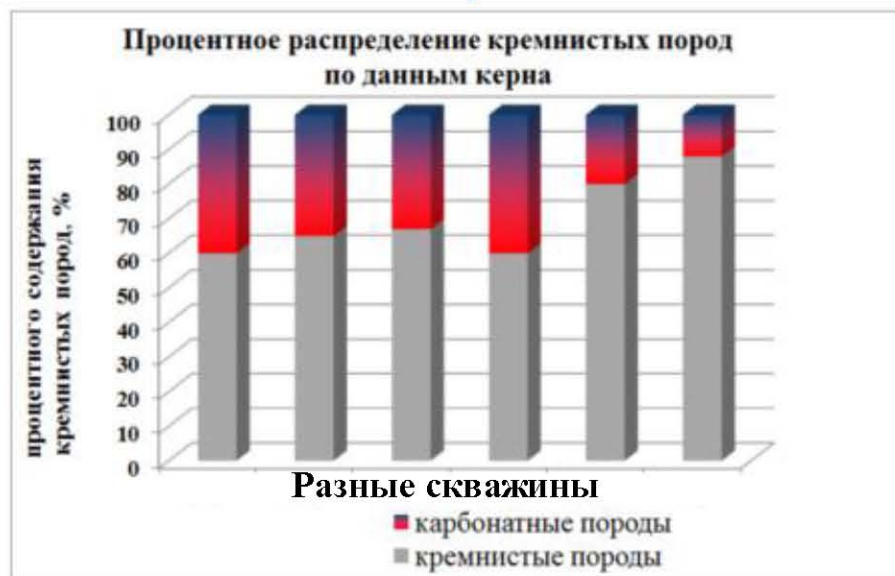
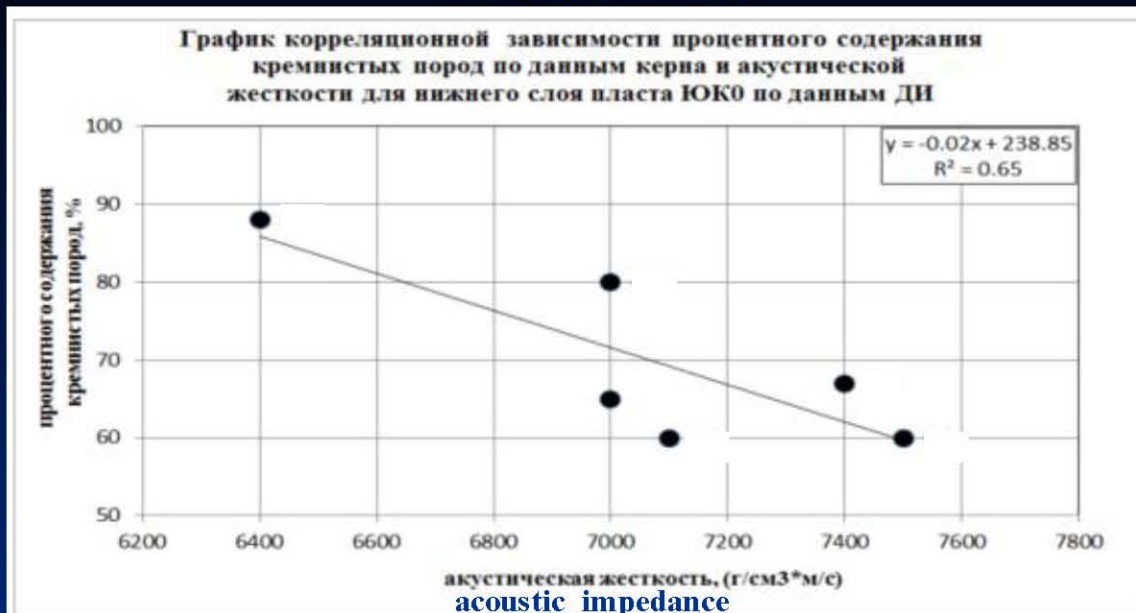
Comparison of the acoustical inversion result with lithological section of the Bazhenov interval

Сопоставление результата акустической инверсии с геологическим разрезом в интервале баженовской свиты



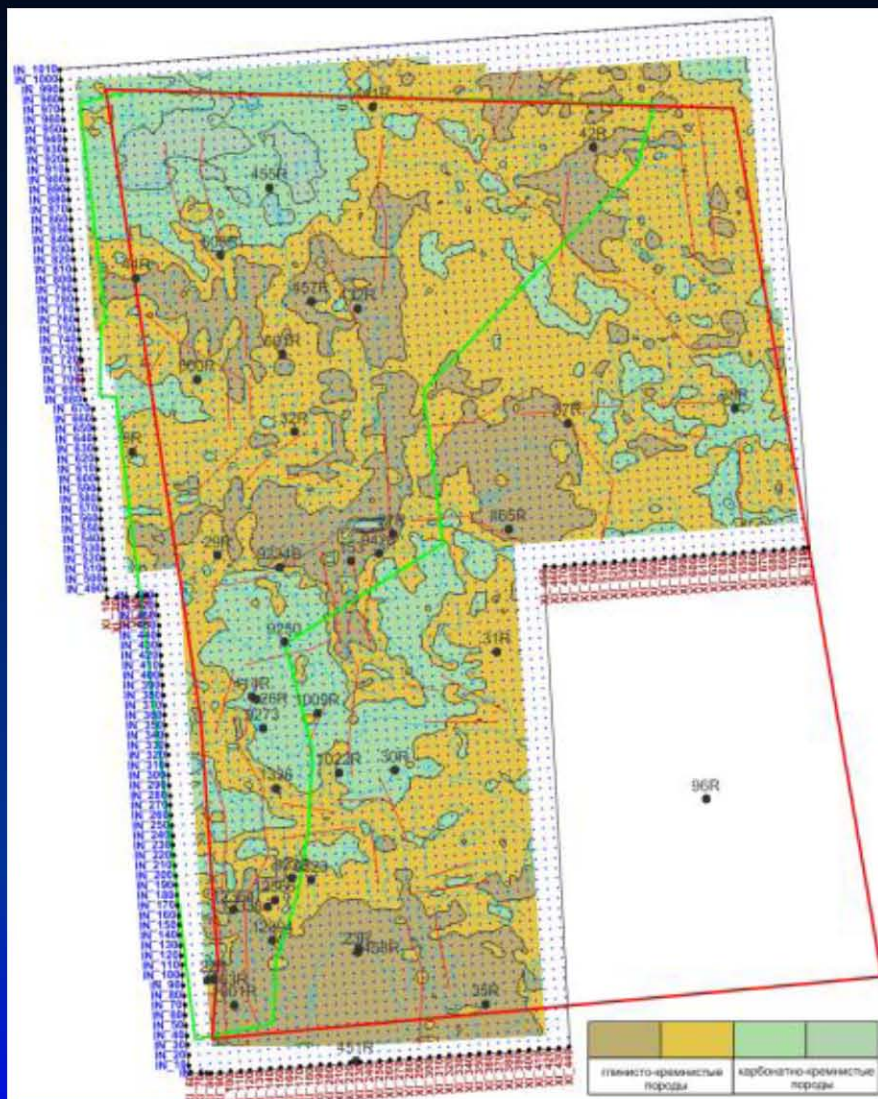
Bazhenov lithotypes impact estimation for acoustic impedance

Оценка влияния различных литотипов на значения акустической жесткости пласта ЮК0



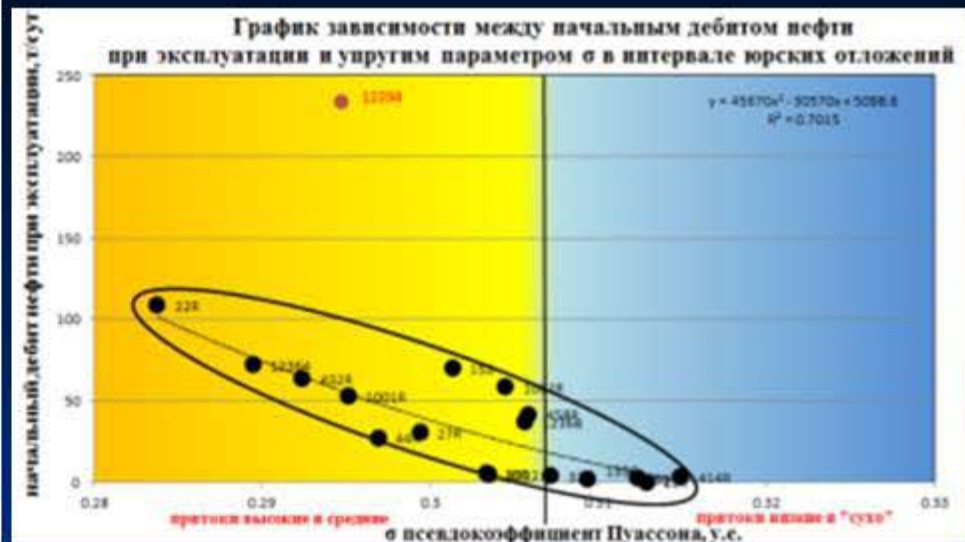
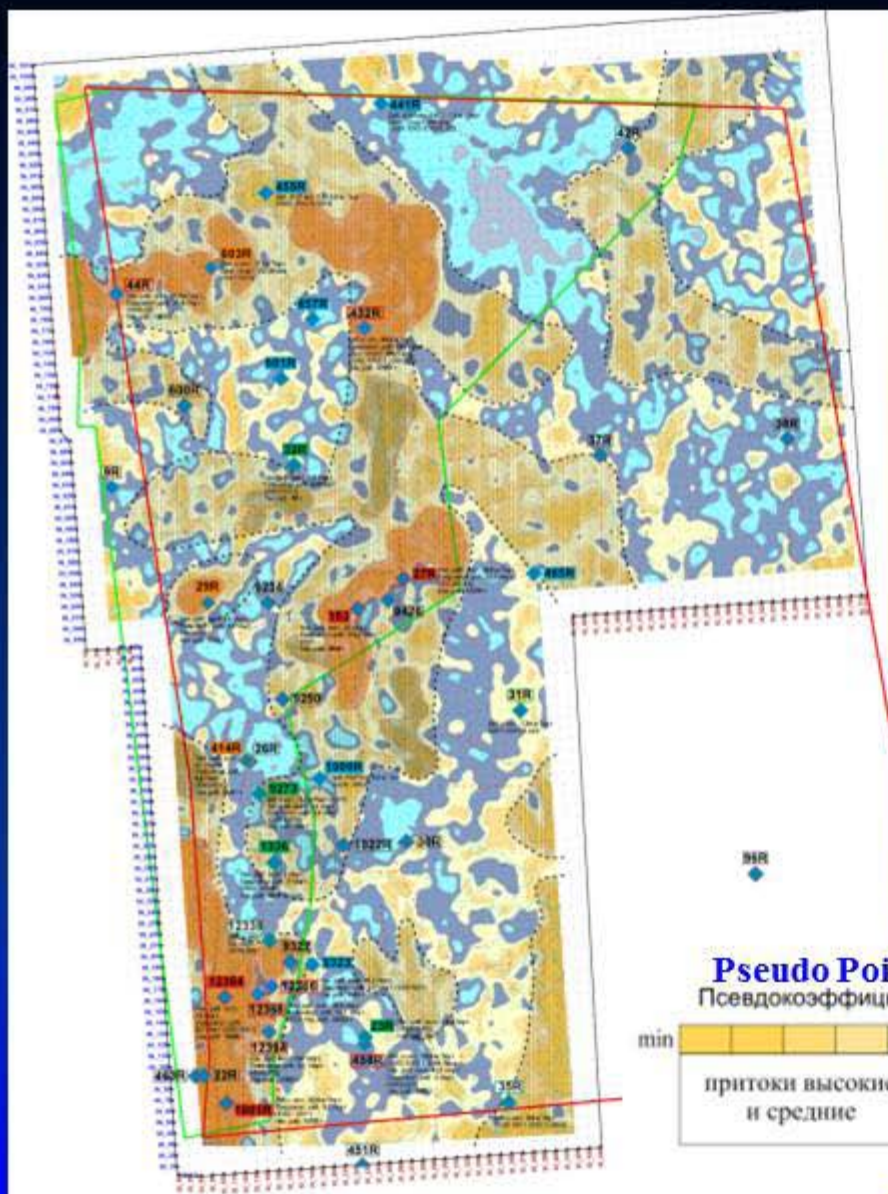
The expected scheme of lithotypes distribution for Bazhenov

Прогнозная схема распределения пород различных литотипов пласта ЮК0



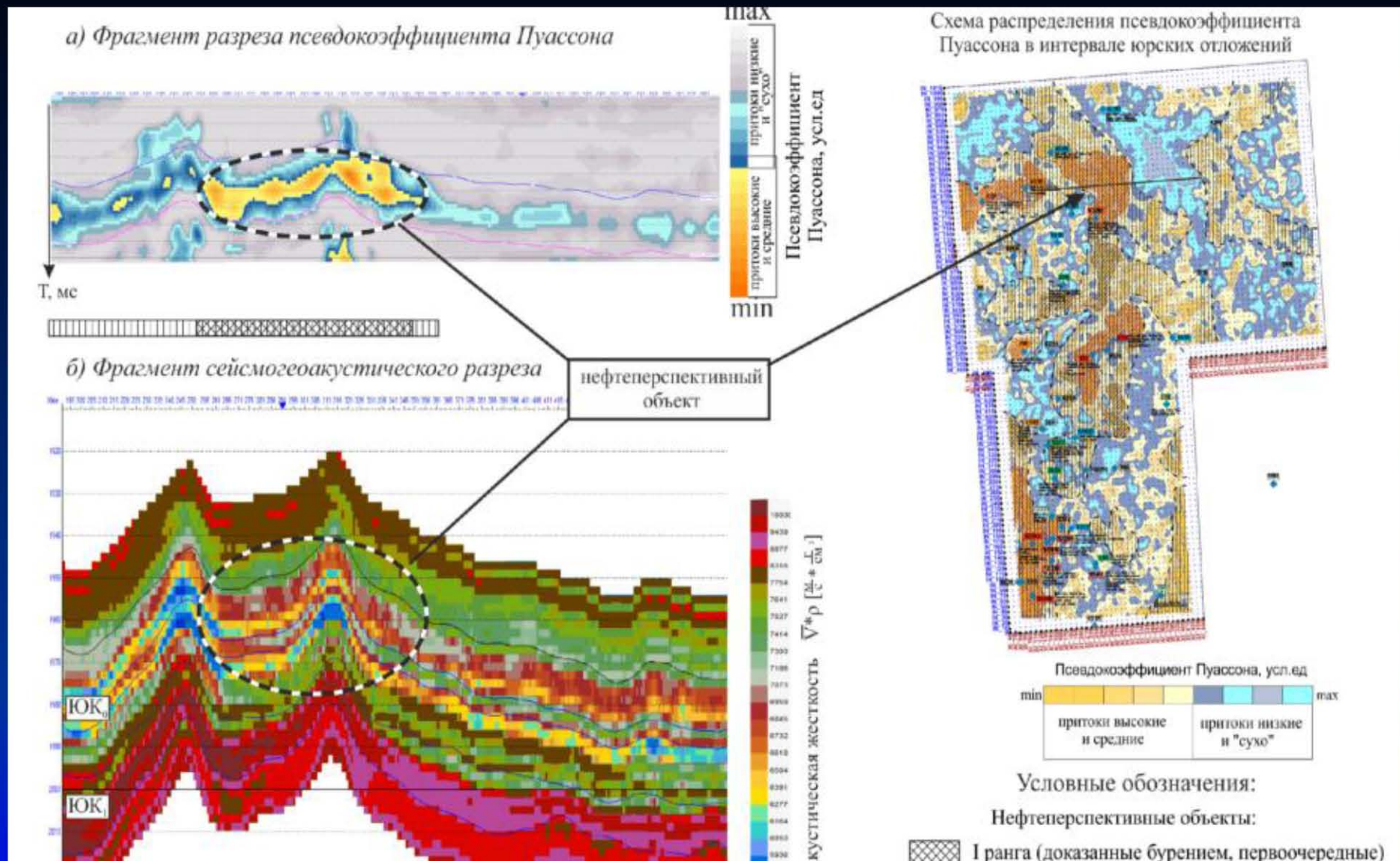
глинисто-кремнистые породы		карбонатно-кремнистые породы	

The map of distribution pseudo Poisson coefficient according to the elastic inversion Карта распределения псевдокоэффициента Пуассона по данным упругой инверсии



Example of identification of oil-perspective zone according to seismic and drilling

Пример выявления нефтеперспективной зоны по данным сейсморазведки и бурения

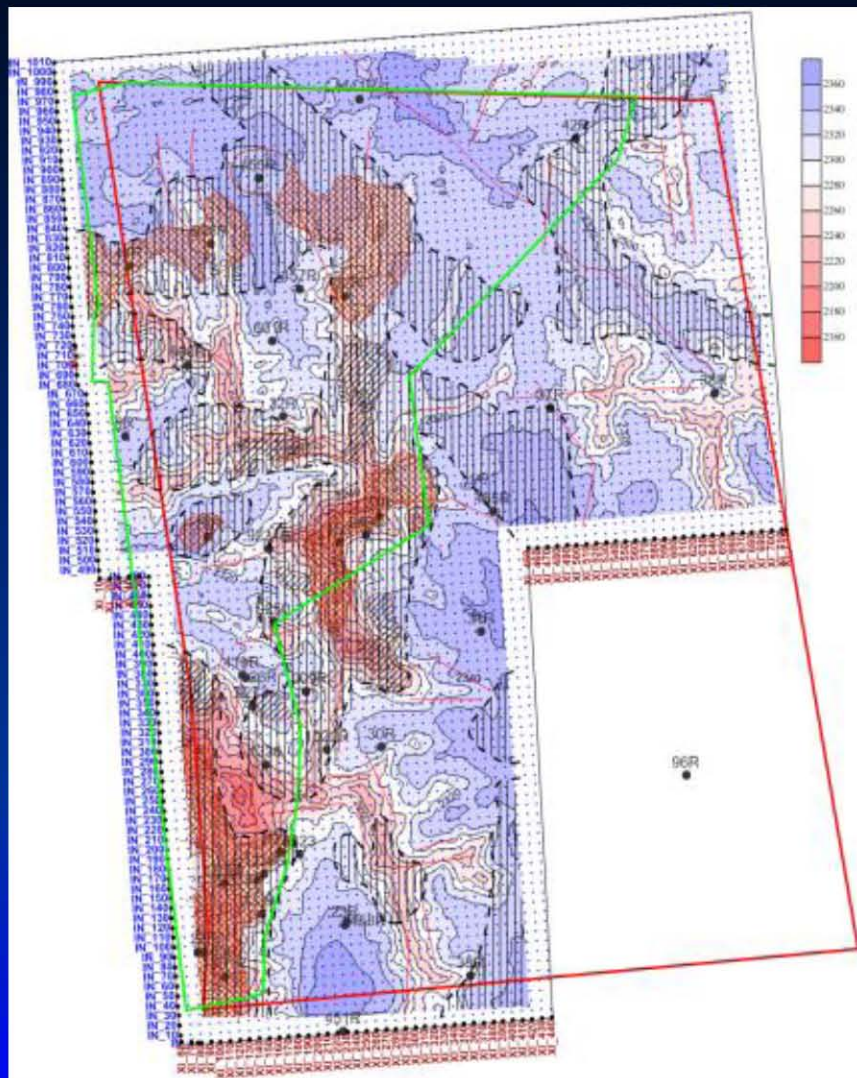


AVO-analysis in the way of elastic inversion modification allows to get information for area prospects ranging.

По результатам AVO-анализа в модификации упругой инверсии можно получить информацию, позволяющую ранжировать площадь работ по перспективности.

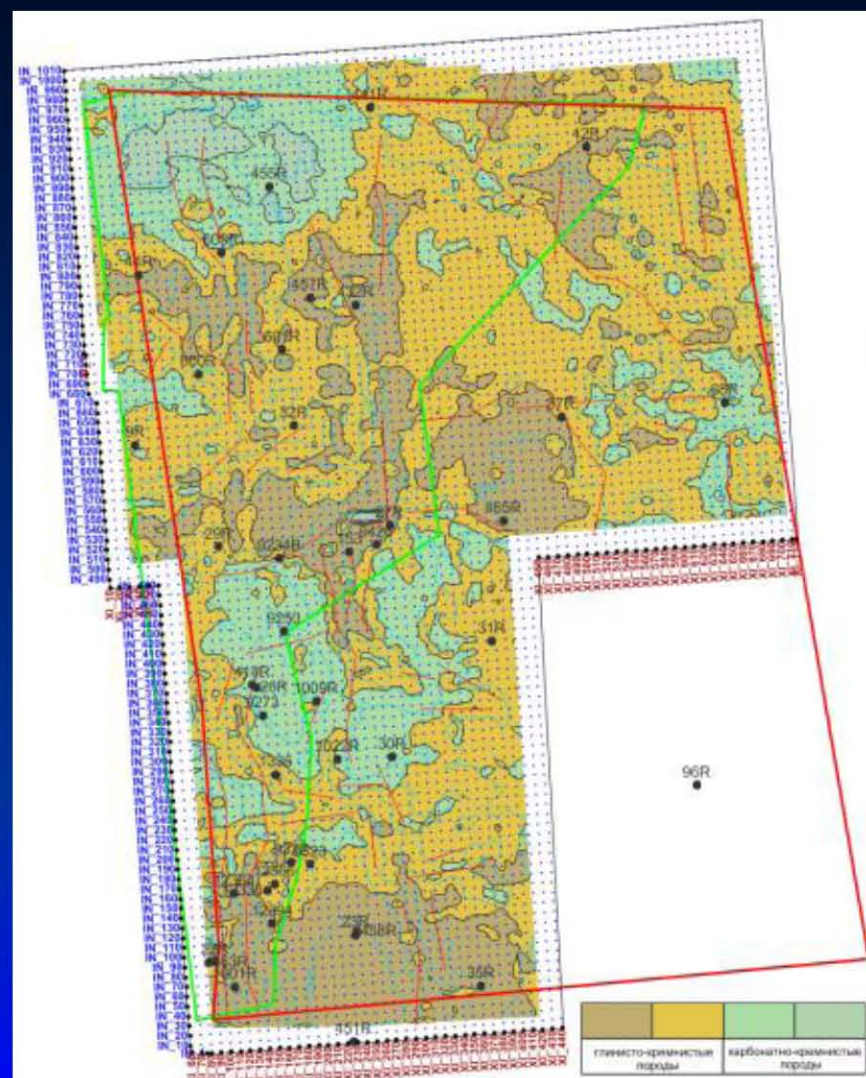
The Bazhenov top structural map and expected productive zones

Структурная карта по кровле ОГ Б и
прогнозные зоны нефтеносности



The expected scheme of lithotypes distribution for Bazhenov

Прогнозная схема распределения пород
различных литотипов пласта ЮКО



Bazhenov 'sweet spots' for every field need to be delineated based on results of seismic interpretation founded log evaluation realized on the results of core studies.

Для баженовской свиты перспективные зоны необходимо выделять на основании результатов интерпретации данных сейсморазведки, основанных на интерпретации данных ГИС, проведенной по результатам исследований керна.

Conclusions/Выводы

High variability at low exploration maturity of Bazhenov deposits leads to necessity to study core for every field, to discover the individual workflows for log & seismic evaluations depend on the deposit type and available information.

Высокая изменчивость, низкая степень изученности отложений баженовской свиты заставляет на каждом месторождении проводить керновые исследования, индивидуально составлять программу работ и подбирать методы интерпретации данных ГИС и сейсморазведки, в зависимости от типа разреза и имеющейся информации.

Identification of type, properties, allocation and morphology of the reservoir is a priority for Bazhenov deposits . To solve the task is necessary based on wide spectrum of core analysis, logs and production testing results.

Выявление типа, свойств, положения в разрезе и морфологии коллекторов – первоочередная задача для отложений баженовской свиты, решать которую необходимо на основании разносторонних исследований керна и промыслово-геофизической информации.

The task for effective seismic evaluation needs to be formulated only based on core studies results. Провести эффективную интерпретацию данных сейсморазведки возможно только на основании задачи, сформулированной по результатам керновых исследований.

A high-magnification micrograph showing a dense field of small, circular, light-colored structures, possibly spores or eggs, embedded in a darker, textured matrix. The structures have a distinct outer ring or border. The overall appearance is granular and complex.

Спасибо за внимание!!!

0.5 mm