

# Исследования керна на современном этапе геологоразведочных работ

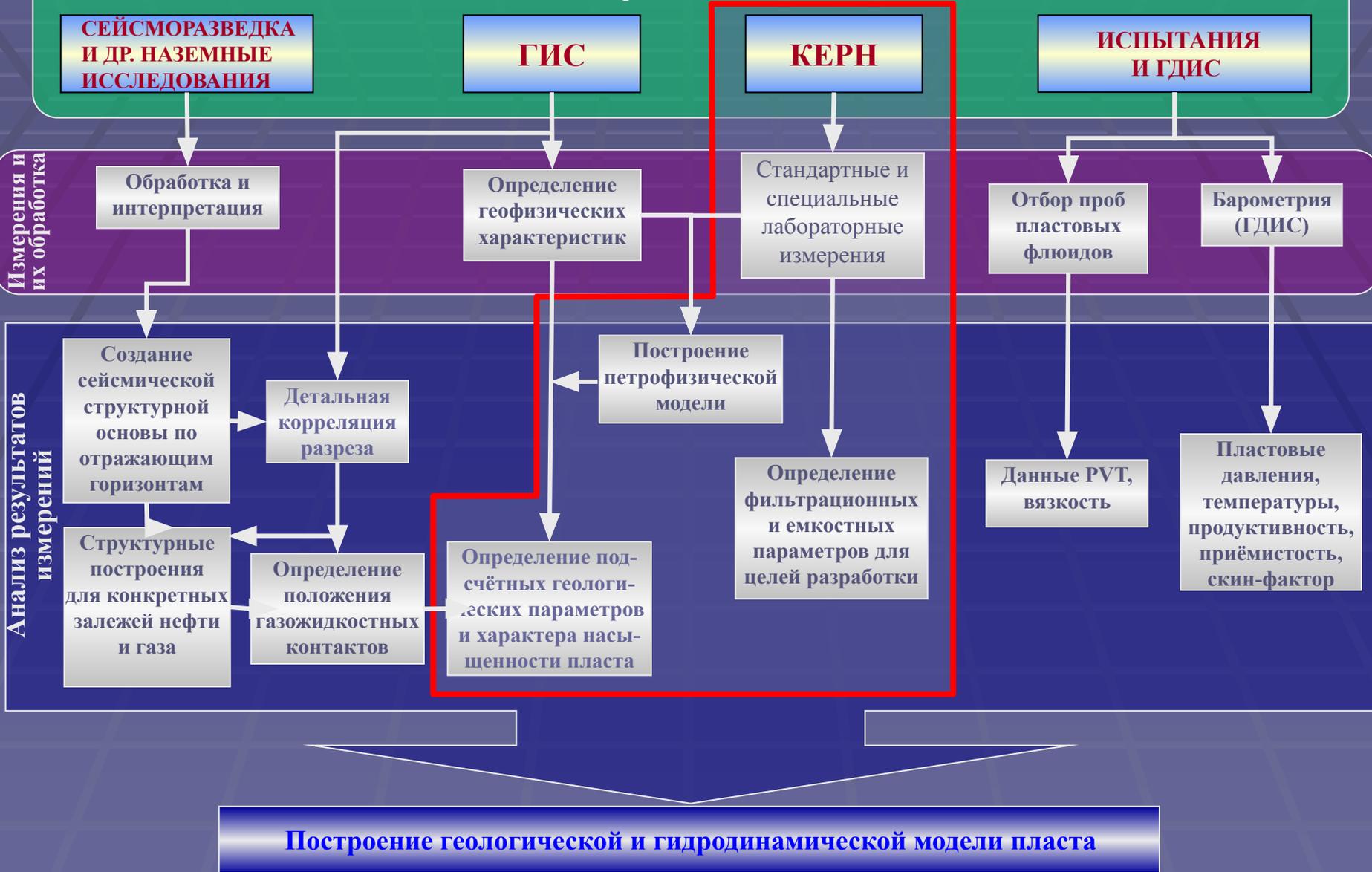
Дзюбло Александр Дмитриевич,  
д.г.-м.н., проф.

# ОБЗОРНАЯ КАРТА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ



# Роль и место геолого-геофизических исследований в процессе моделирования нефтегазовых месторождений

## Виды геолого-геофизических исследований



# Отбор и исследование керна на различных этапах поисково-разведочных работ и разработки месторождения

**КЕРН**

**Отбор керна**

## Лабораторные измерения

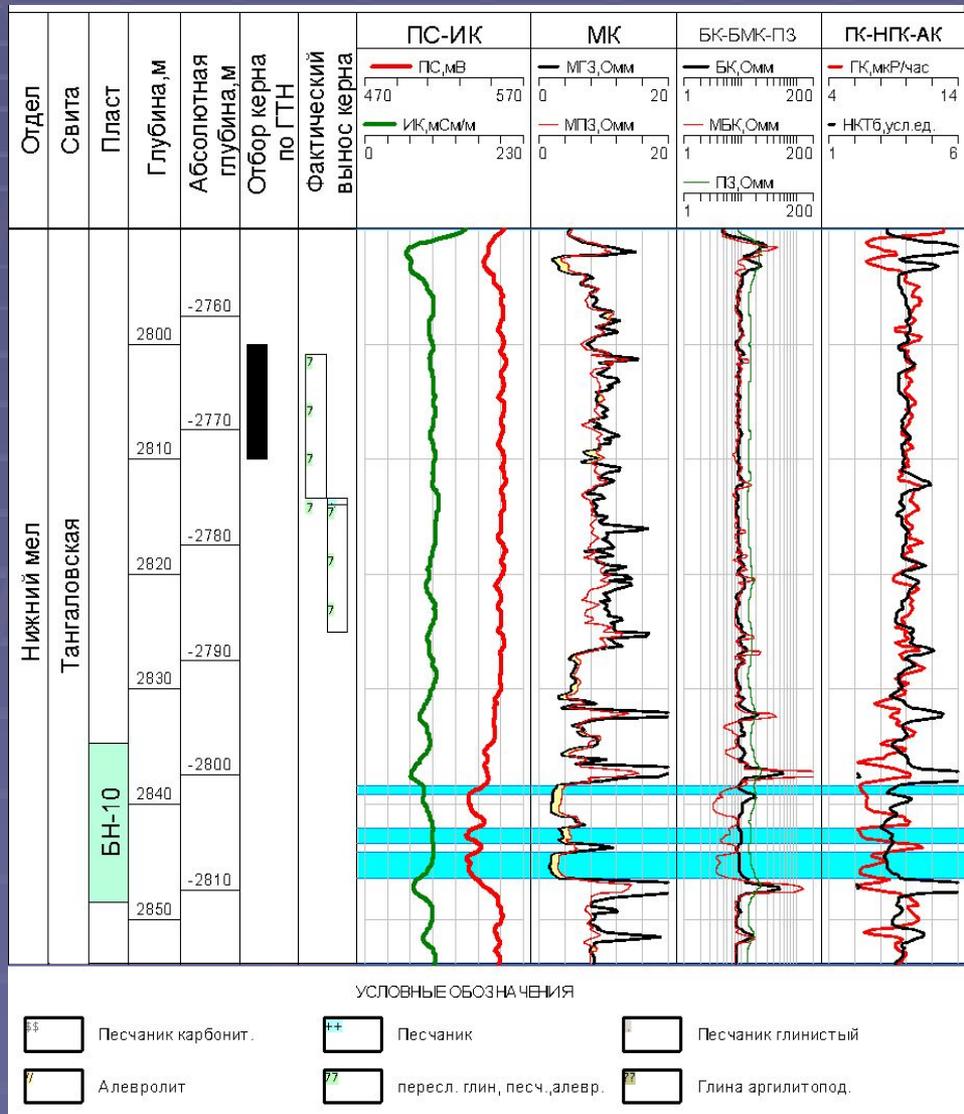
Этап	Лабораторные измерения
Поисковый этап	Палеонтологические определения
Разведочный этап	Профильные измерения на колонке керна
Этап разработки	Стандартные измерения фильтрационных и емкостных свойств на образцах керна
	Измерения для изучения структурно-литологических свойств пород
	Измерения петрофизических свойств на образцах керна
	Специальные измерения для изучения структуры и вещественного состава пород
	Специальные измерения для исследования коллекторов

**Построение петрофизической модели пласта**

**Определение подсчётных геологических параметров**

**Определение фильтрационных и емкостных параметров для оптимизации разработки**

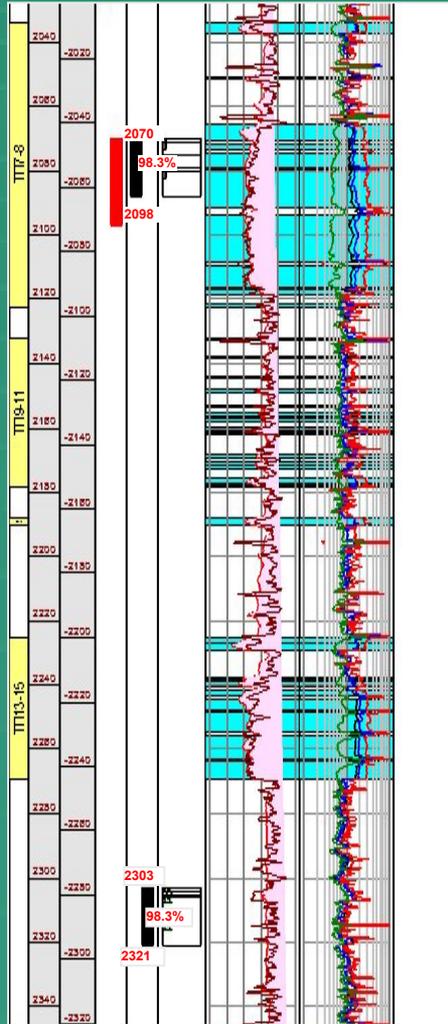
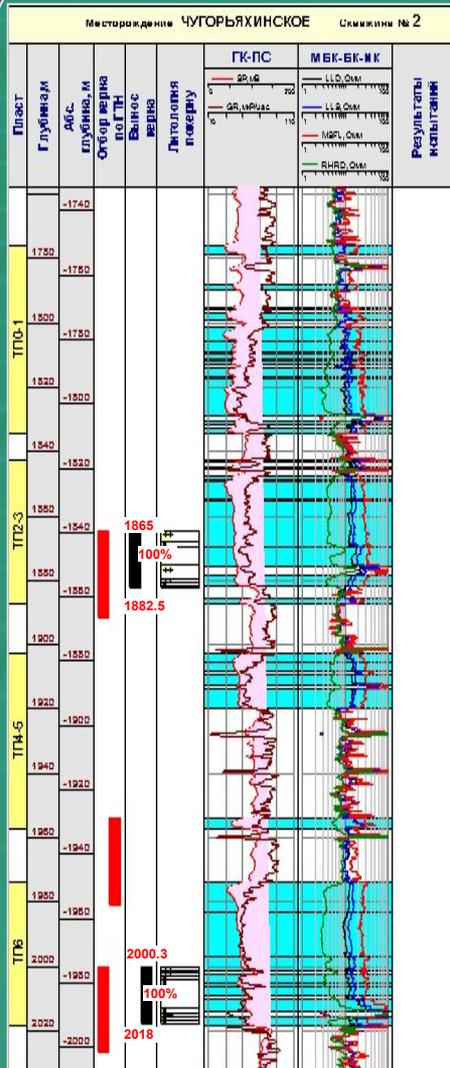
# ПРИМЕР ОТБОРА КЕРНА ИЗ НЕКОЛЛЕКТОРОВ



# Пример отбора керна из нижнемеловых отложений месторождений акватории Обской губы

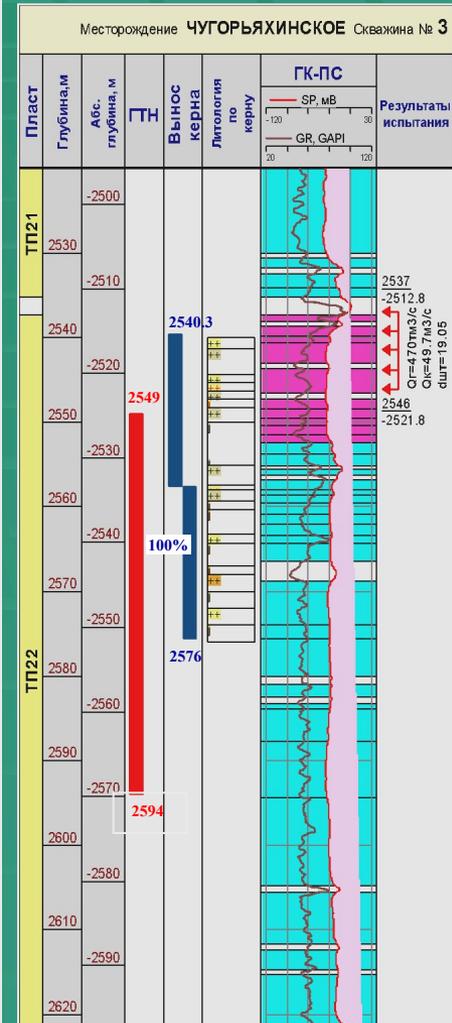
## Скважина №2

Керн отобран из псевдопродуктивных коллекторов и из неколлекторов

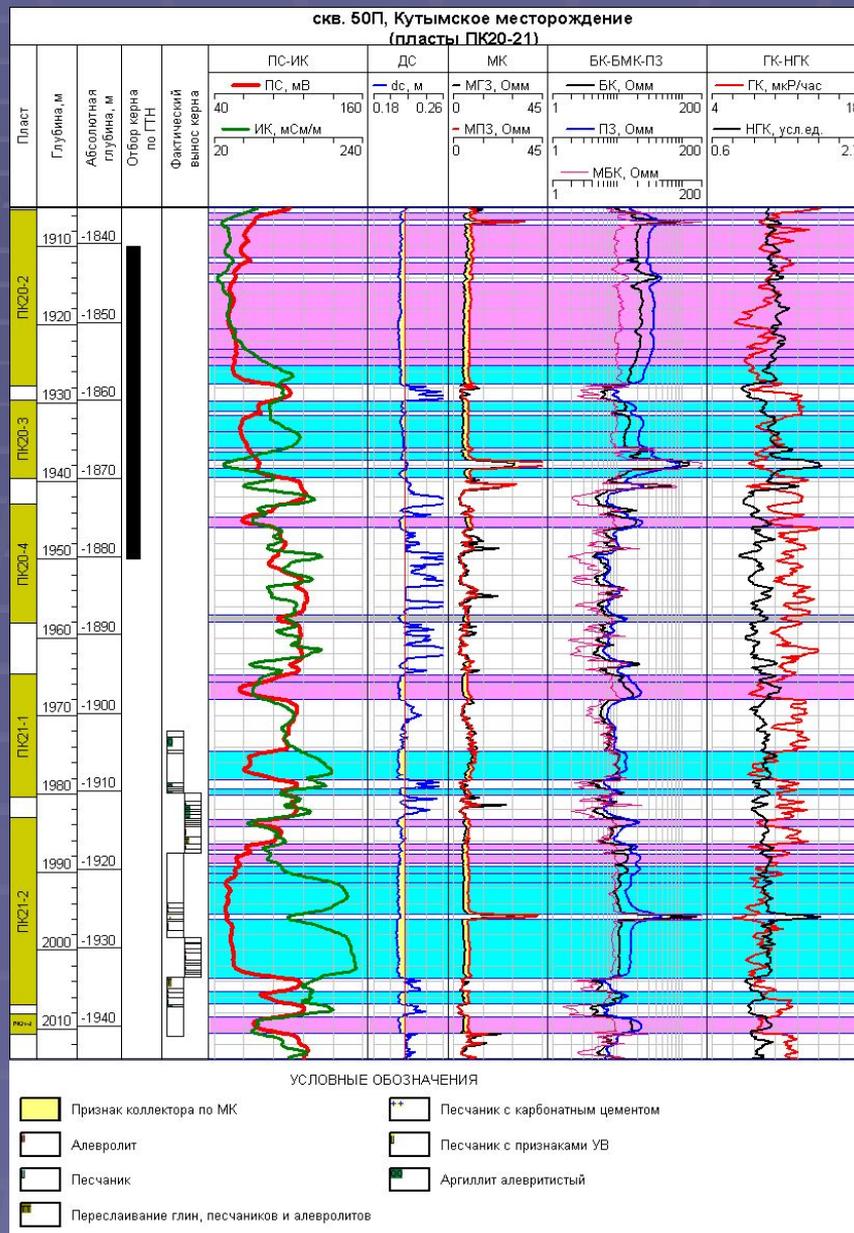


## Скважина №3

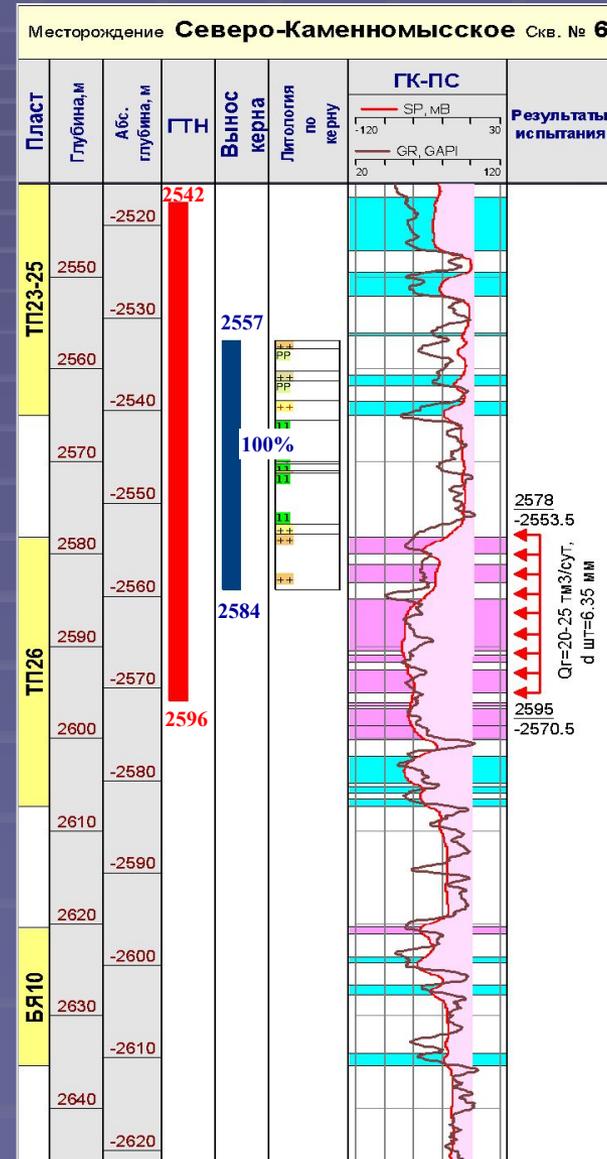
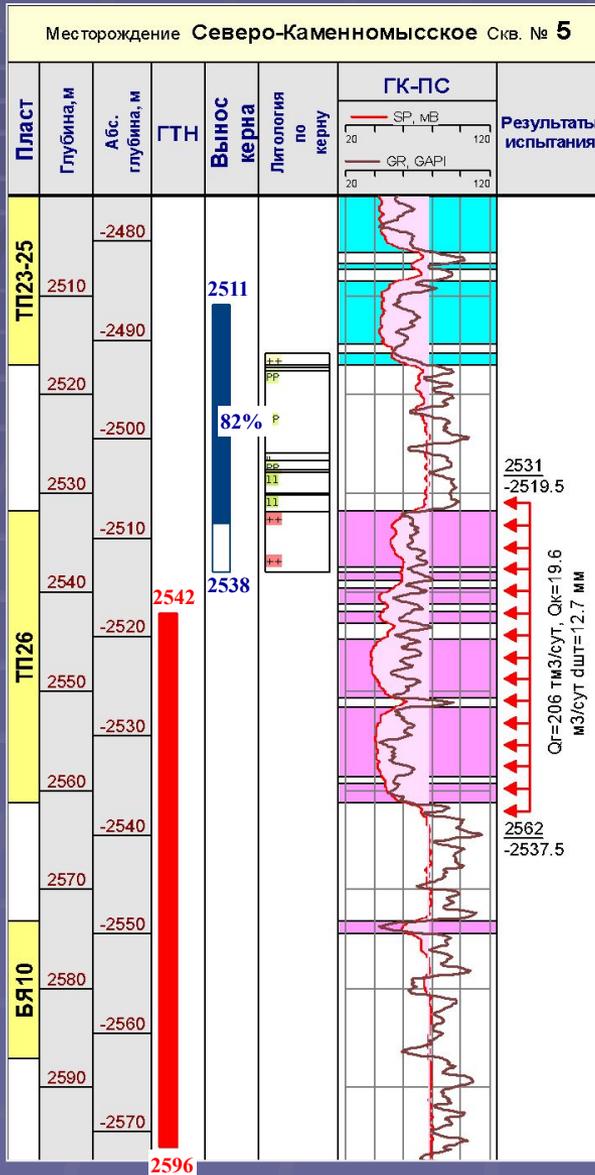
Пример удачной корректировки интервала отбора керна



# ПРИМЕР ОТБОРА КЕРНА ИЗ НИЖЕЛЕЖАЩЕГО ПО СРАВНЕНИЮ С ГТН ПЛАСТА

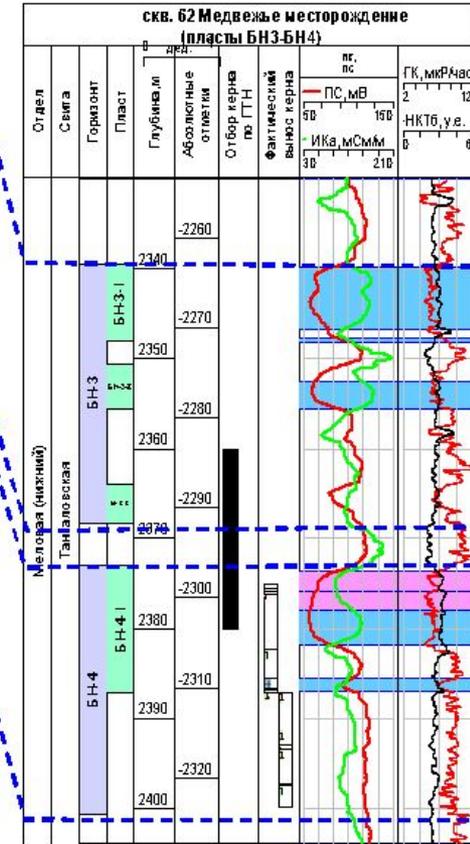
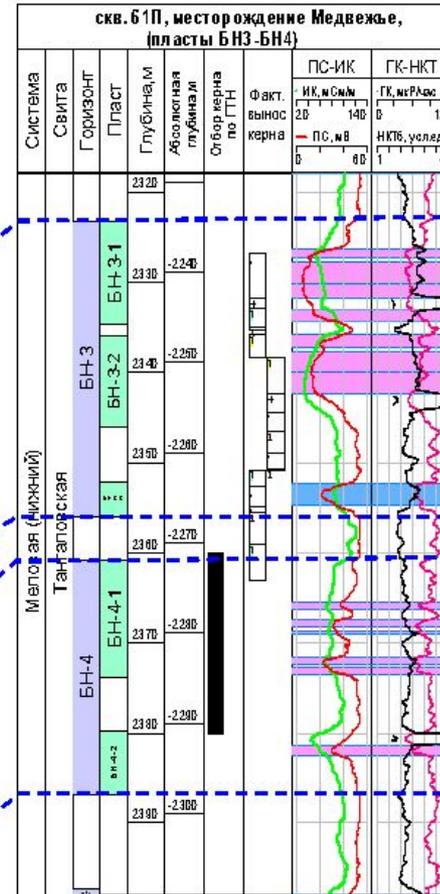
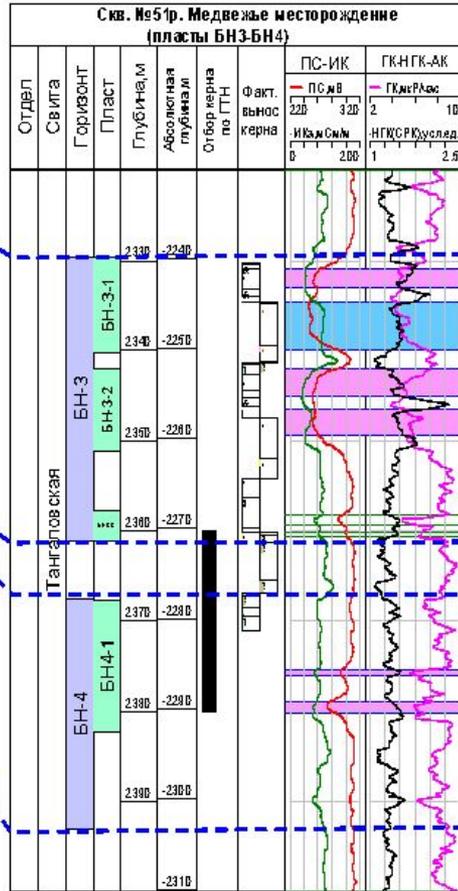
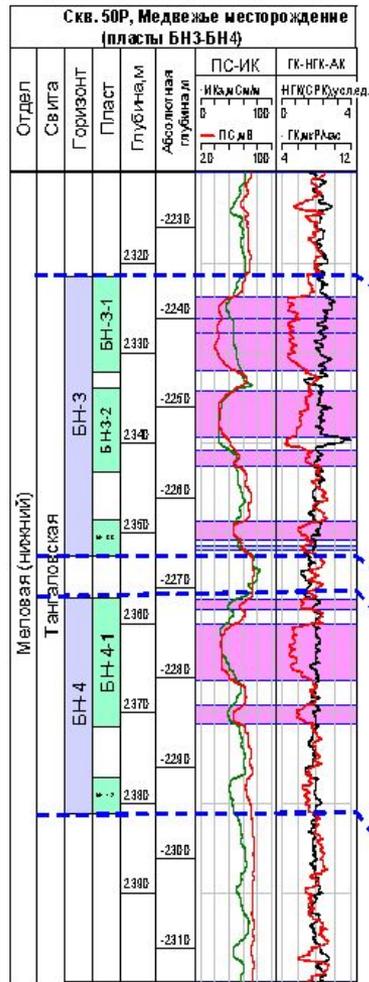


# Пример неудачной корректировки интервалов отбора керна Северо-Каменномысское месторождение, скв. №№ 5, 6, нижнемеловые отложения

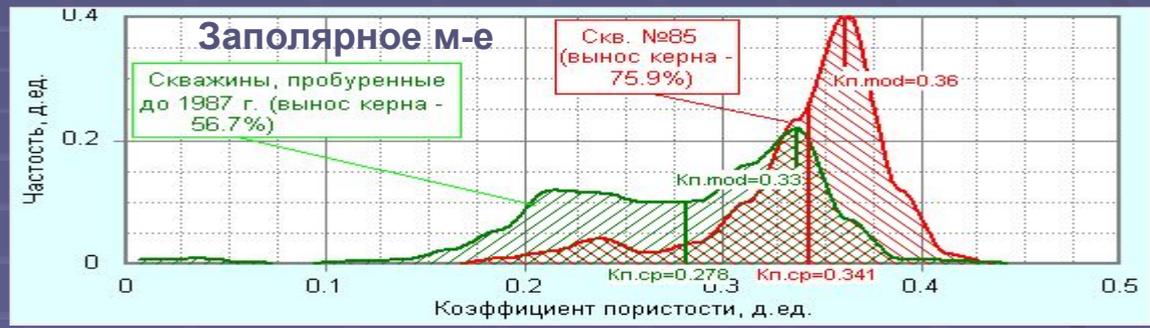
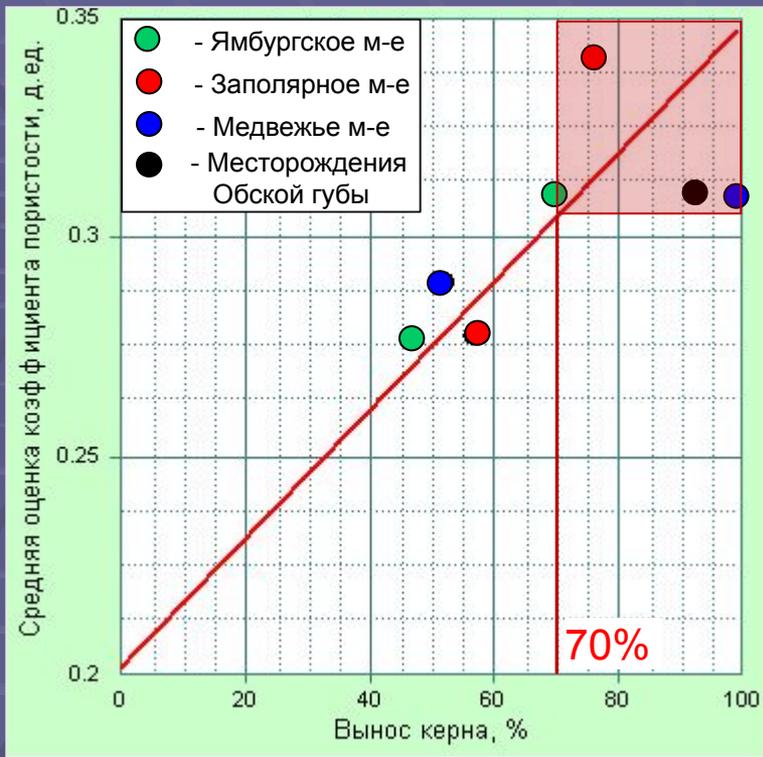




# ПРИМЕР УТОЧНЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ОТБОРА КЕРНА НА ОСНОВЕ ДЕТАЛЬНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ



# Зависимость оценок коэффициента пористости от выноса зерна сеноманские отложения, месторождения севера Западной Сибири



# Отбор керн повышенной информативности керноотборными снарядами серии КИМ (НПО «СибБурМаш»)



Подготовка снаряда для отбора керн



Комплект пластиковых пеналов для хранения и транспортировки керн

Керноотборные снаряды серии КИМ обеспечивают отбор керн повышенной информативности, под которым понимается керн без техногенных деформаций с сохраненной структурой и текстурой, с максимально возможным сохранением пластового флюидонасыщения и выносом на уровне 90% и более (из неконсолидированных пород не менее 75%).



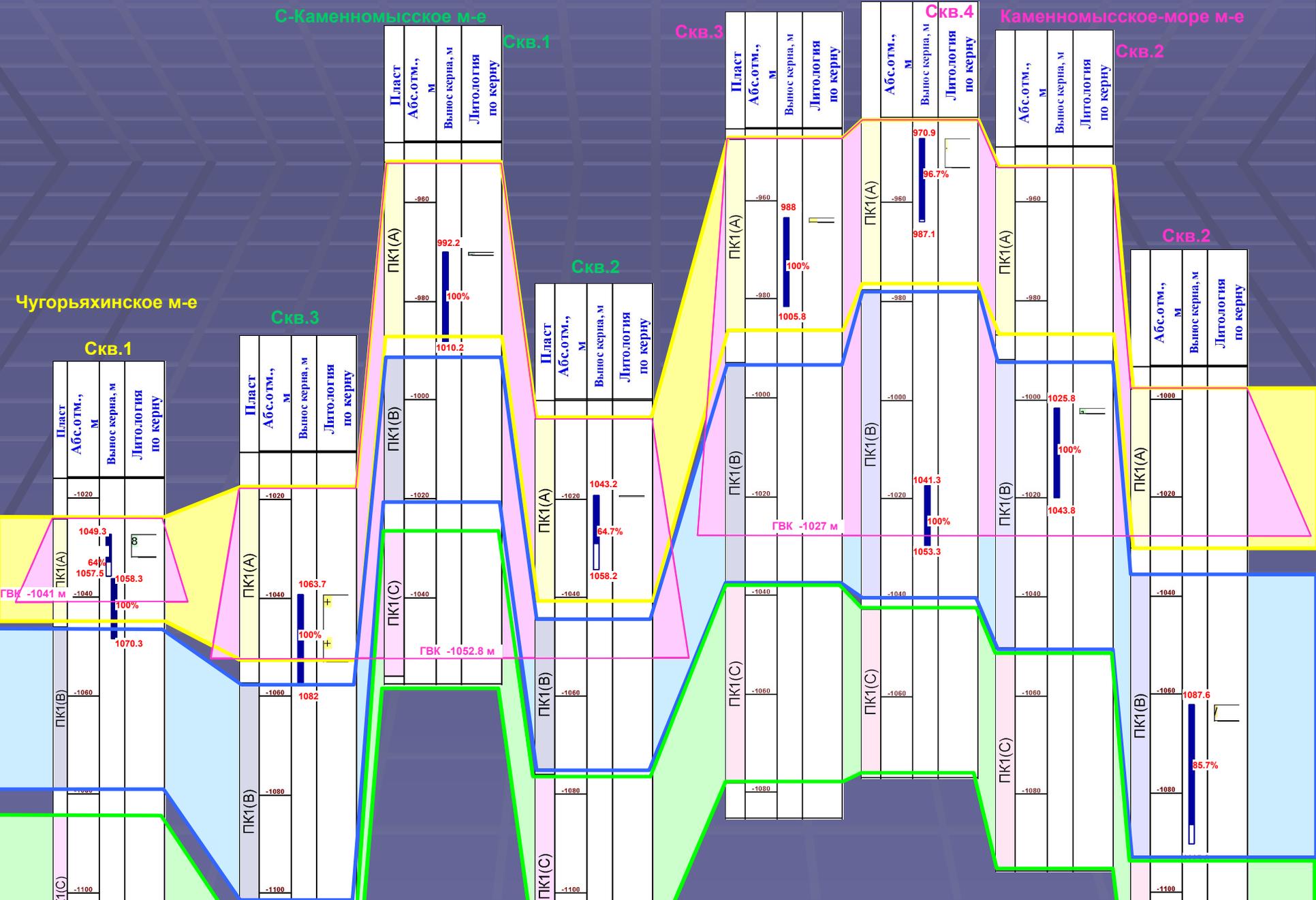
Извлечение керн



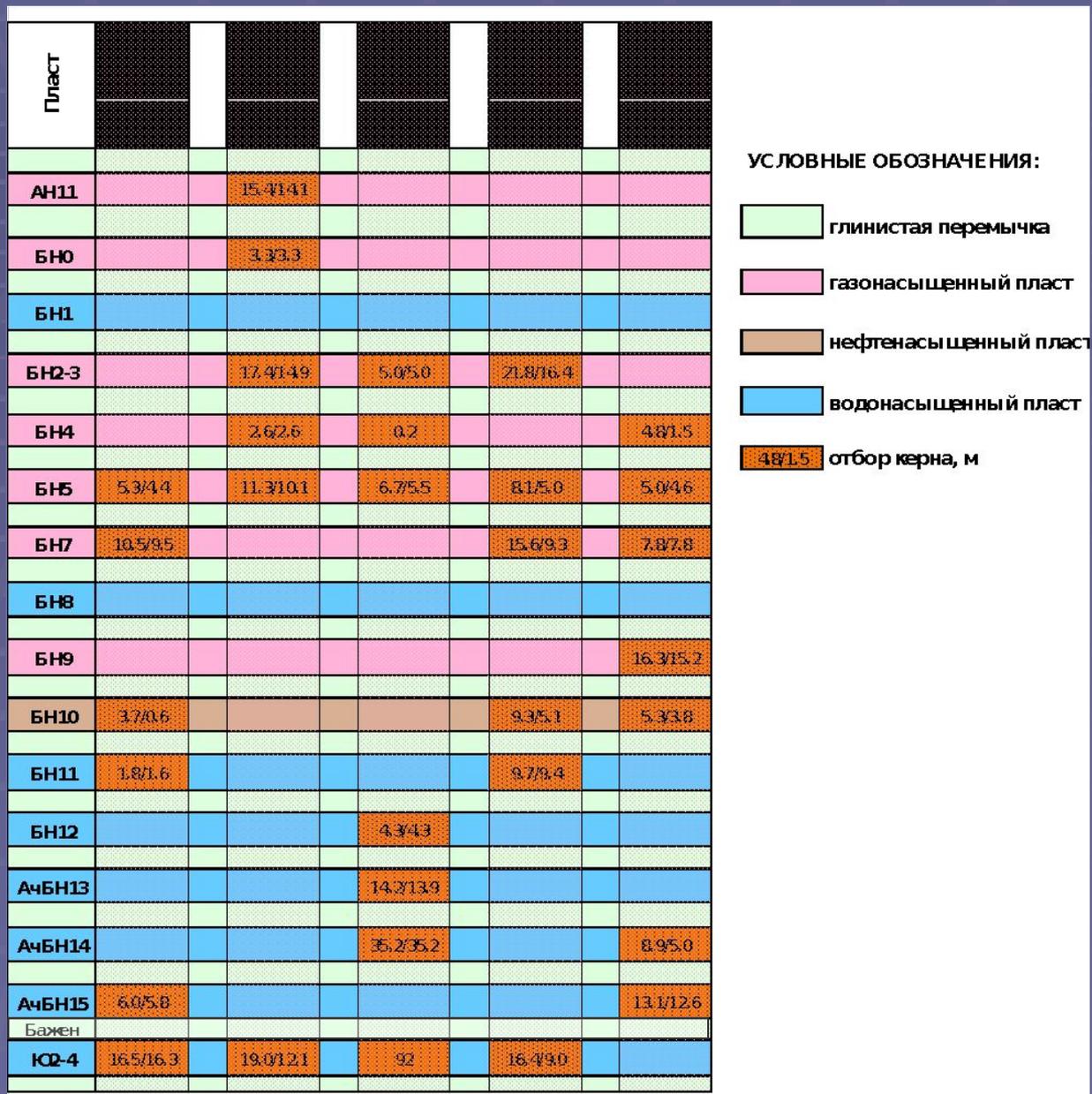
Описание керн на буровой

# Схема отбора керна

сеноманские отложения, месторождения акватории Обской губы



# Схема отбора керна из неоком-юрских отложений месторождения Медвежье



## Подготовительные этапы исследования керна



Распиловка керна



Описание керна



Фотографирование керна



Профильные измерения на керне



Исследование шлама



Систематизация и  
долговременное хранение керна и  
шлама (литотека)

# Основные и специальные исследования керна



Изучение коллекторских свойств пород



Определение петрофизических характеристик



Изучение капиллярных характеристик



Определение сжимаемости пор горных пород в термобарических условиях



Исследования упругих свойств пород и УЭС в пластовых условиях



Изучение фильтрационных свойств пород в пластовых условиях

# Основные и специальные исследования керна



Анализ гранулометрического состава пород



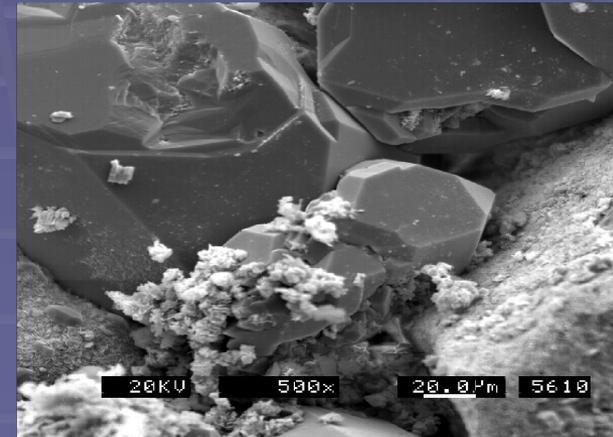
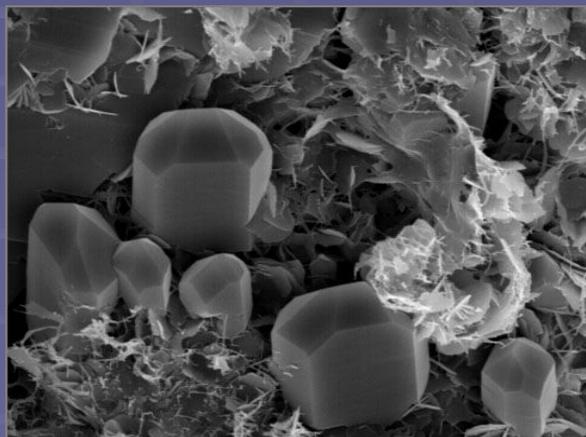
Изготовление петрографических шлифов



Определение минерального состава пород



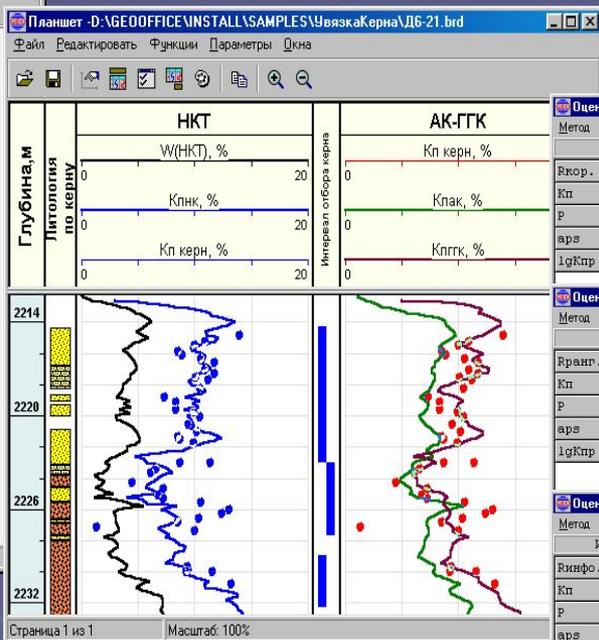
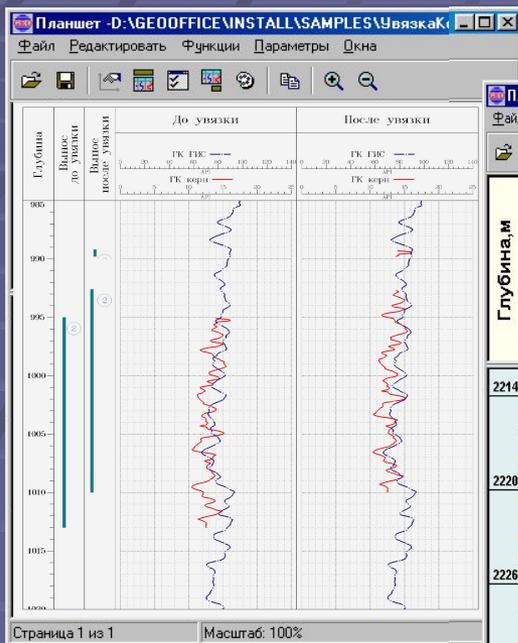
Изучение микроструктуры и химического состава пород



Изучение микроструктуры пород

# Обработка материалов лабораторных измерений керна

- согласование керна и ГИС по глубине;
- оценка статистических связей;
- построение петрофизических моделей “кern – kern” и “кern – ГИС”.

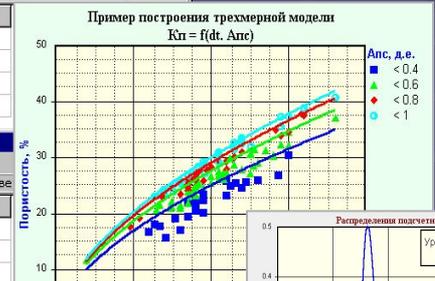


Оценка статистических гипотез

Метод Редактировать

Кoeffициенты корреляции: (Дов. вероятность=0.95)

Вкор.	Кп	P	арс	lgKp
Кп	1.0	-0.88	0.69	0.89
P	-0.88	1.0	-0.48	-0.79
арс	0.69	-0.48	1.0	0.83
lgkpr	0.89	-0.79	0.83	1.0

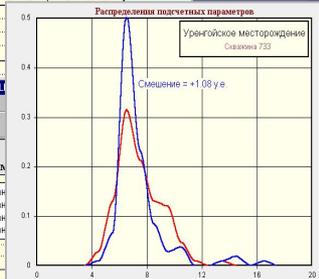


Оценка статистических гипотез

Метод Редактировать

Кoeffициенты Спирмена: (Дов. ве

Вранг.	Кп	P	арс	lgKp
Кп	1.0	-0.74	0.75	0.90
P	-0.74	1.0	-0.56	-0.72
арс	0.75	-0.56	1.0	0.86
lgkpr	0.90	-0.72	0.86	1.0

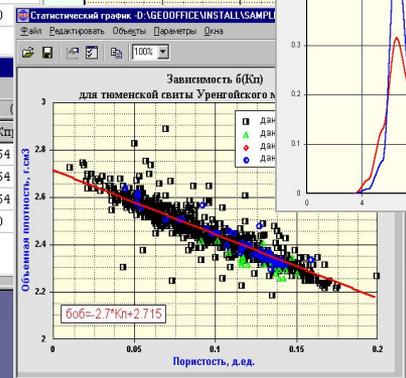


Оценка статистических гипотез

Метод Редактировать

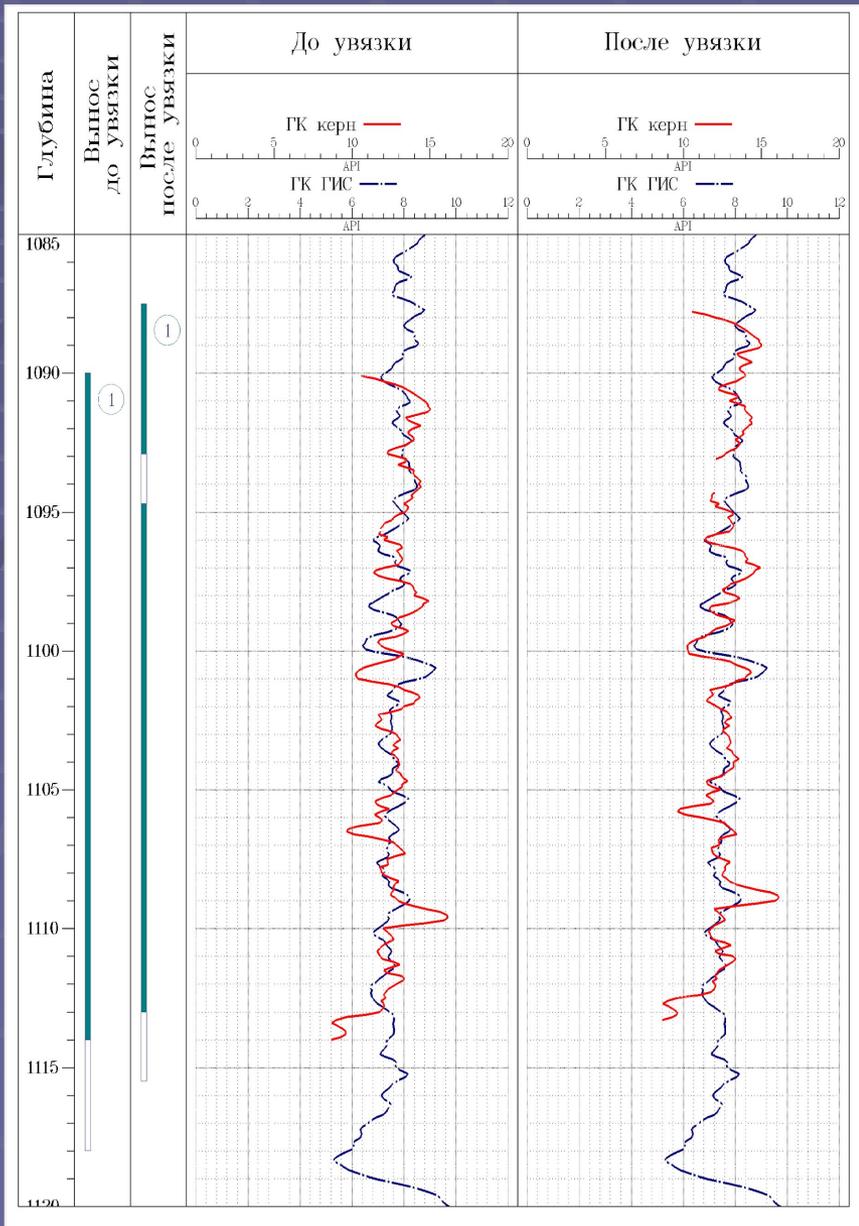
Информационные коэффициенты:

Винфо.	Кп	P	арс	lgKp
Кп	1.0	0.51	--	0.54
P	0.55	1.0	--	0.54
арс	0.44	--	1.0	0.54
lgkpr	0.60	0.64	0.53	1.0

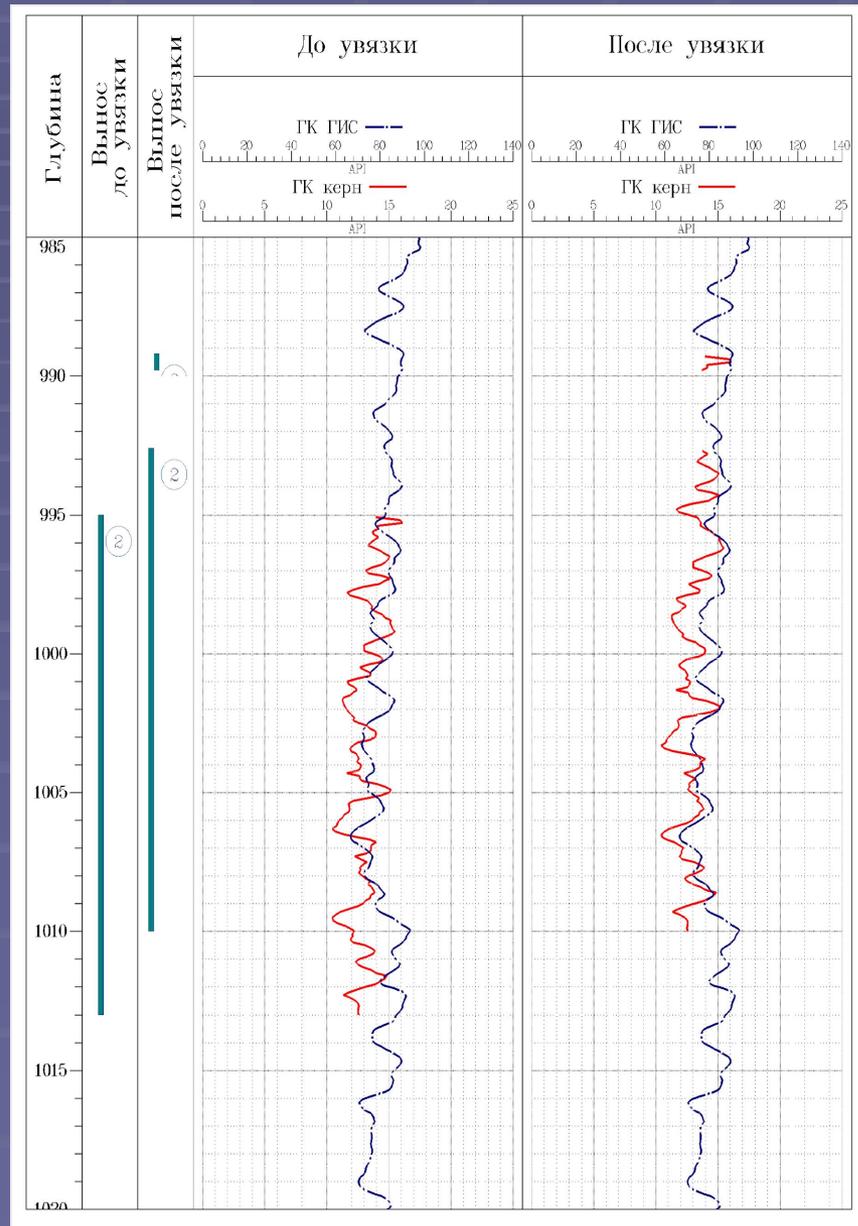


# Увязка керна и ГИС по сопоставлению ГК(ГИС)-ГК(керна)

## Скв. Каменномысская 1



## Скв. Северо-Каменномысская 1





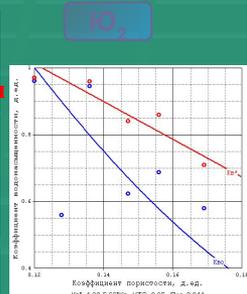
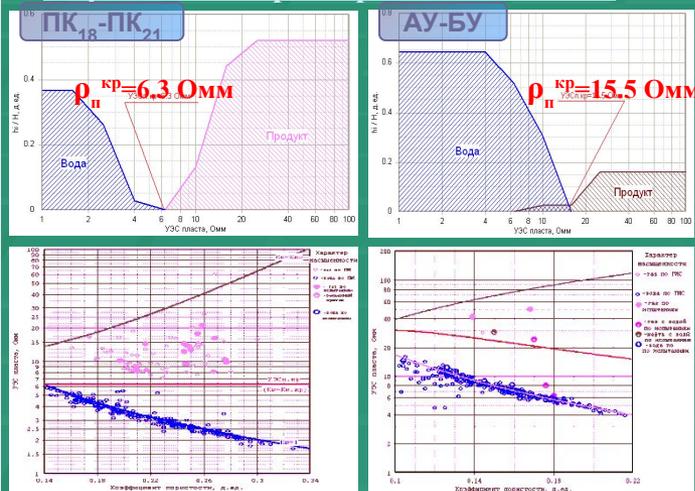
# Создание петрофизической модели по данным керна и ГИС

Юбилейное месторождение, нижнемеловые и юрские отложения

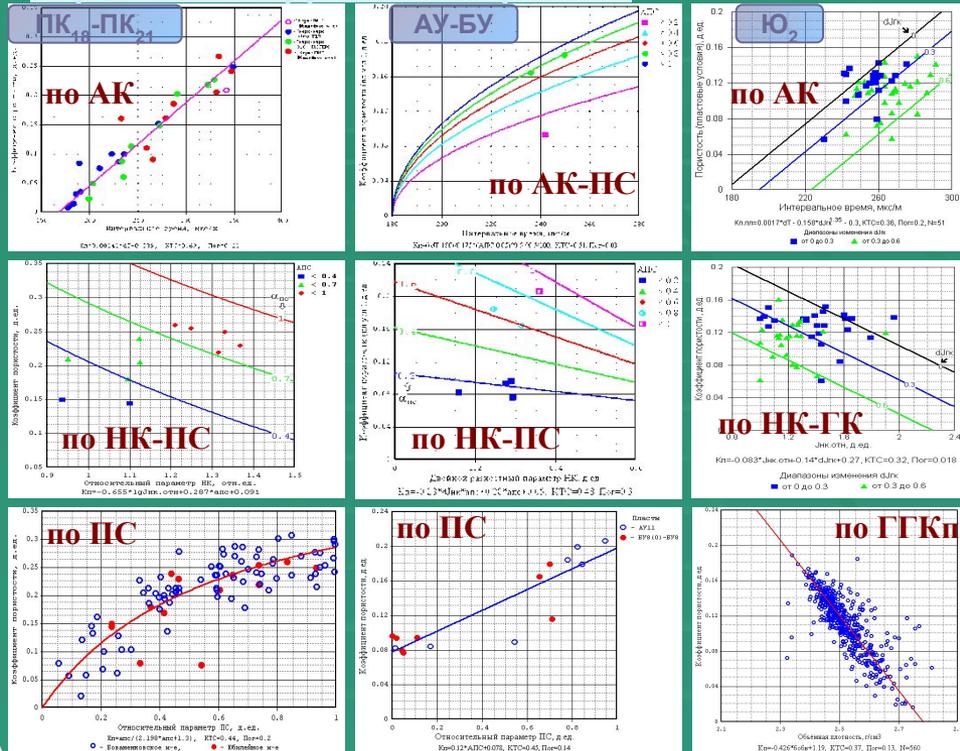
## Выделение коллекторов:

- По качественным признакам на кривых ГИС (ПК, АУ, БУ)
- По количественным геолого-геофизическим критериям –  $K_{п.гр}=0.125$  ( $Ю_2$ )

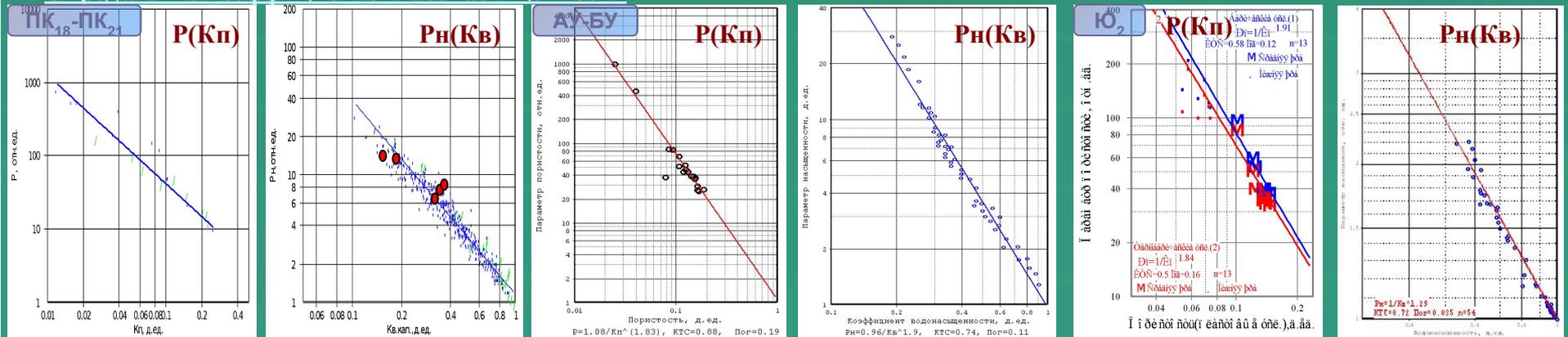
## Определение характера насыщенности



## Определение коэффициентов пористости



## Определение коэффициентов газонасыщенности



# Задачи по информационному обеспечению этапов единого поисково-разведочного и эксплуатационного процесса

## Поисковый этап

- достоверная характеристика исследуемой структуры на наличие или отсутствие в ней углеводородов;
- оценка экономической значимости открытой залежи углеводородов с достоверностью, достаточной для принятия решения о целесообразности или нецелесообразности проведения на ней дальнейших разведочных работ

## Разведочный этап

- изучение структурно-тектонических особенностей месторождений;
- изучение литологического состава продуктивных пластов, определение их общей и эффективной толщины, коллекторских свойств, нефтегазонасыщенности и характера изменения этих параметров по площади и разрезу;
- установление положения контактов газ – нефть – вода и промышленного значения газовой шапки и нефтяной оторочки;
- определение дебитов нефти, газа, конденсата, воды, а также пластового давления, давления насыщения и др. параметров по результатам опробования и исследования продуктивных скважин;
- исследование физико-химических свойств нефти, газа и пластовой воды.

## Этап разработки

- обеспечении эффективного управления процессом извлечения углеводородов в интересах его оптимизации;
- контроль за процессом извлечения запасов;
- прослеживание динамики изменения модели фильтрационно-емкостных свойств эксплуатируемых залежей во времени;
- при необходимости внесение в принятый проект разработки изменений с учётом фактора времени, а также режима эксплуатации залежей.

# Комплексирование исследований ядра на различных этапах поисково-разведочных работ и разработки месторождения

Комплекс исследований ядра	Этапы и стадии работ	Поиски	Разведка	Разработка
<p><b><u>I. Профильные измерения на колонке ядра</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Детальное макроописание ядра</li> <li>▪ Спектральный гамма-каротаж ядра и плотностной гамма-гамма каротаж ядра</li> <li>▪ Профильные определения проницаемости</li> <li>▪ Фотографирование ядра в дневном и ультрафиолетовом свете</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>
<p><b><u>II. Изучение структуры и вещественного состава пород</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Определение гранулометрического состава пород</li> <li>▪ Определение минералогического состава пород</li> <li>▪ Изучение морфологии и структуры порового пространства в шлифах</li> <li>▪ Определение типа, состава и количества цемента пород в шлифах</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>
<p><b><u>III. Палеонтологические определения</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Споровопыльцевой (палинологический) анализ</li> <li>▪ Фаунистический анализ</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> </ul>		
<p><b><u>IV. Стандартные измерения для изучения коллекторских свойств пород на образцах ядра</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Пористость</li> <li>▪ Проницаемость</li> <li>▪ Остаточная водонасыщенность</li> <li>▪ Остаточная нефтенасыщенности</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>
<p><b><u>V. Петрофизические исследования на образцах ядра:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ УЭС пород в атмосферных условиях при 100% водонасыщении</li> <li>▪ Объемная и минералогическая плотность</li> <li>▪ Пористость, УЭС, акустические свойства пород при пластовых термобарических условиях</li> <li>▪ Диффузионно-адсорбционная активность</li> <li>▪ УЭС и переменная водонасыщенность методом капилляриметрии на 7 ступенях</li> <li>▪ ЯМР-измерения</li> <li>▪ Общая и спектральная гамма-активность</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>		
<p><b><u>VI. Специальные исследования структуры порового пространства и минералогического состава пород</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Растровая электронная микроскопия</li> <li>▪ Ртутная порометрия</li> <li>▪ Распределение пор по размерам по данным капилляриметрии</li> <li>▪ Рентгено-структурный анализ глинистых минералов</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> </ul>
<p><b><u>VII. Специальные исследования коллекторов</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Газопроницаемость (проницаемость по жидкости) в пластовых условиях</li> <li>▪ Эффективная проницаемость по газу (нефти) в присутствии остаточной воды в пластовых условиях</li> <li>▪ Начальный градиент давления</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>

**Объёмы измерений и исследований керна на различных этапах  
поисково-разведочных работ и разработки месторождения  
(песчано-глинистые отложения)**

Этапы и стадии работ	Поиски	Разведка	Разработка
Виды работ			
Отбор образцов керна по коллекторам	3 обр. / 1 м	4 обр. / 1 м	34 обр. / 1 м
Отбор образцов керна по неколлекторам	1 обр. / 2 м	1 обр. / 2 м	-
Изготовление шлифов по коллекторам	1 шл. / 2 м	1 шл. / 1 м	-
Изготовление шлифов по неколлекторам	1 шл. / 10 м	1 шл. / 5 м	-
Фотографирование керна	1 фото / 5 м	1 фото / 5 м	1 фото / 5 м
Профильные измерения СГК, ГГКП, проницаемости	10 изм. / 1 м	10 изм. / 1 м	10 изм. / 1 м
Рентгено-структурный анализ глинистых минералов	-	10 обр. / 1 объект	-
Определение смачиваемости	-	10 обр. / 1 объект	5 обр. / 1 объект
Петрофизические исследования	-	60 обр. / 1 объект	-
Определение начального градиента давления	-	10 обр. / 1 объект	5 обр. / 1 объект
Фазовые проницаемости	-	-	2 состав. колонки / 1 объект
Коэффициент вытеснения нефти	-	10 состав.колонок / 1 объект	5 состав.колонок / 1 объект

## Средние сравнительные ценовые показатели исследования керна

Этапы и стадии работ Условия расчёта цен	Поиски	Разведка	Разработка
Стоимость изучения 250 м отобранного керна при среднем коэффициенте песчаности 0,6. Скважиной пересечены 5 объектов подсчёта запасов газа.	4.5 млн.руб.	12.1 млн.руб.	7.7 млн.руб

Факторы, приводящие к росту стоимости исследования керна:

- Неконсолидированный керн;
- Наличие нефтяных пластов
- Карбонатный разрез

## ВЫВОДЫ

- НЕОБХОДИМ ПОСТОЯННЫЙ МОНИТОРИНГ ОТБОРА КЕРНА КАК ПО ОТДЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТАМ, ТАК И ПО МЕСТОРОЖДЕНИЮ В ЦЕЛОМ
- СОЗДАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ ОТБОРА И ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА , АДАПТИРОВАННЫХ К РАЗЛИЧНЫМ ЭТАПАМ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ
- ИНТЕРВАЛЫ ОТБОРА, ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА И ИХ ФИНАНСИРОВАНИЕ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОРИЕНТИРОВАНЫ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КОНКРЕТНОГО ЭТАПА РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ
- НЕОБХОДИМА ПОЛНАЯ РЕВИЗИЯ СОСТОЯНИЯ КЕРНА, ОТОБРАННОГО И ИССЛЕДОВАННОГО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГРР