

Decision-making in Field Development Planning based on risk and uncertainty management

Thomas Graf

Приятие решений при проектировании
разработки месторождений на основе
управления рисками и
неопределенностью

Томас Граф

Schlumberger

Outline

Содержание

-
- Problem definition
 - Workflow
 - Examples
 - Logging and coring justification
 - Water injection strategy
 - Appraisal strategy definition
 - Drilling and completion strategy for extreme wells
 - Conclusions
 - Постановка задач
 - Организация рабочего процесса
 - Примеры
 - Обоснование каротажных исследований и отбора керна
 - Стратегия ППД
 - Определение стратегии оценочного бурения
 - Стратегия бурения и заканчивания скважин повышенной протяженности
 - Выводы и заключение

Definition

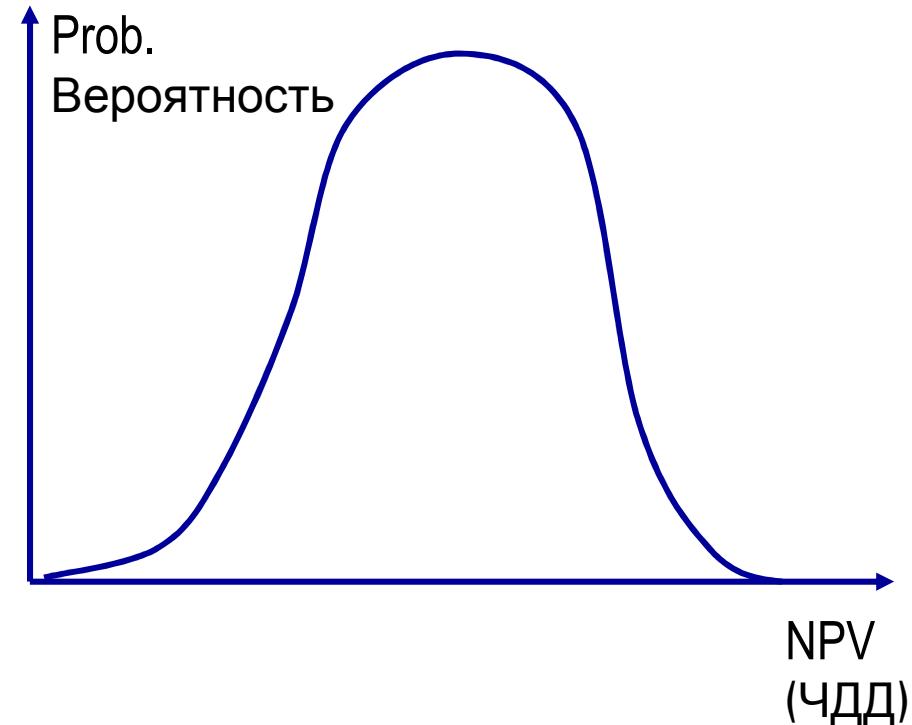
Определение

Uncertainty

Variability of possible outcomes
(physical parameters, events,
decisions)

Неопределенность

Изменчивость возможных исходов
(физических параметров, событий,
решений)



Definition

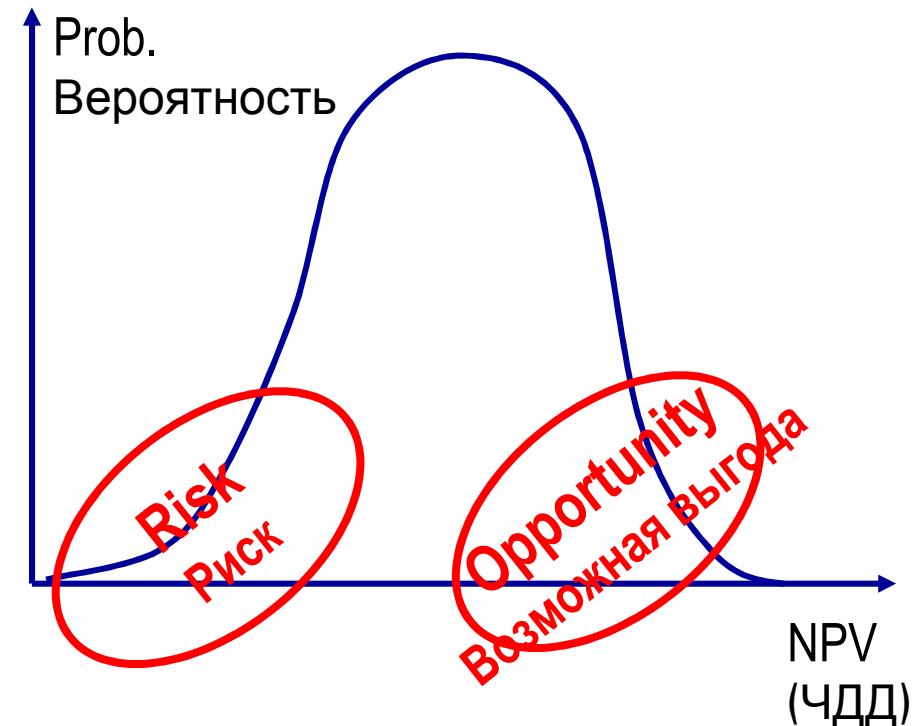
Определение

Risk

The potential loss associated with a particular outcome
(negative NPV of the project)

Риск

Потенциальные убытки, связанные с конкретным исходом
(отрицательный ЧДД по проекту)



Definition

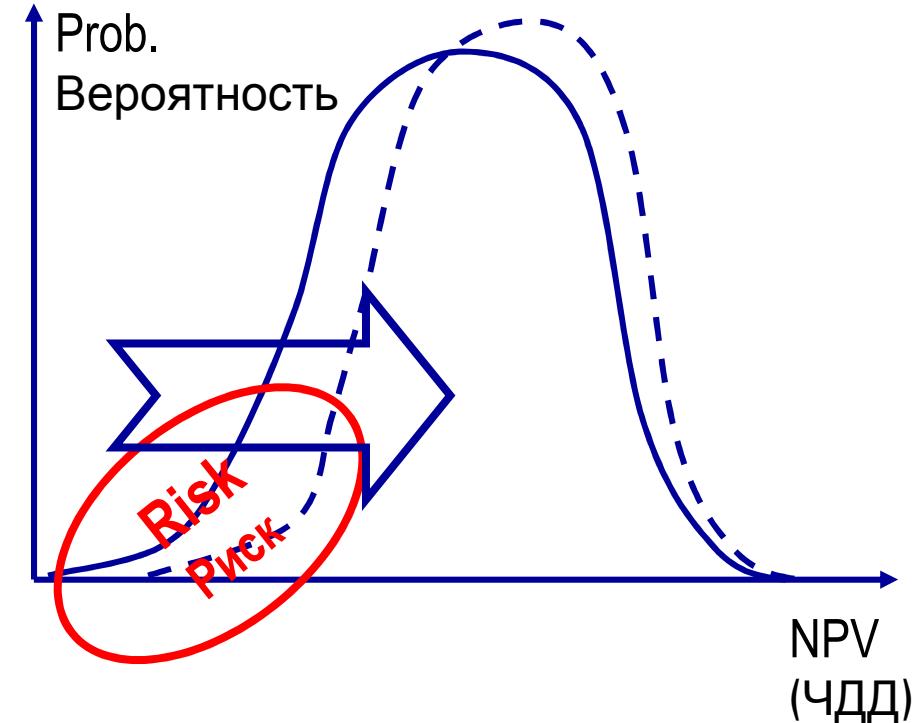
Определение

Risk mitigation

Shifting the distribution to the right

Снижение рисков

Смещение распределения вправо



Definition

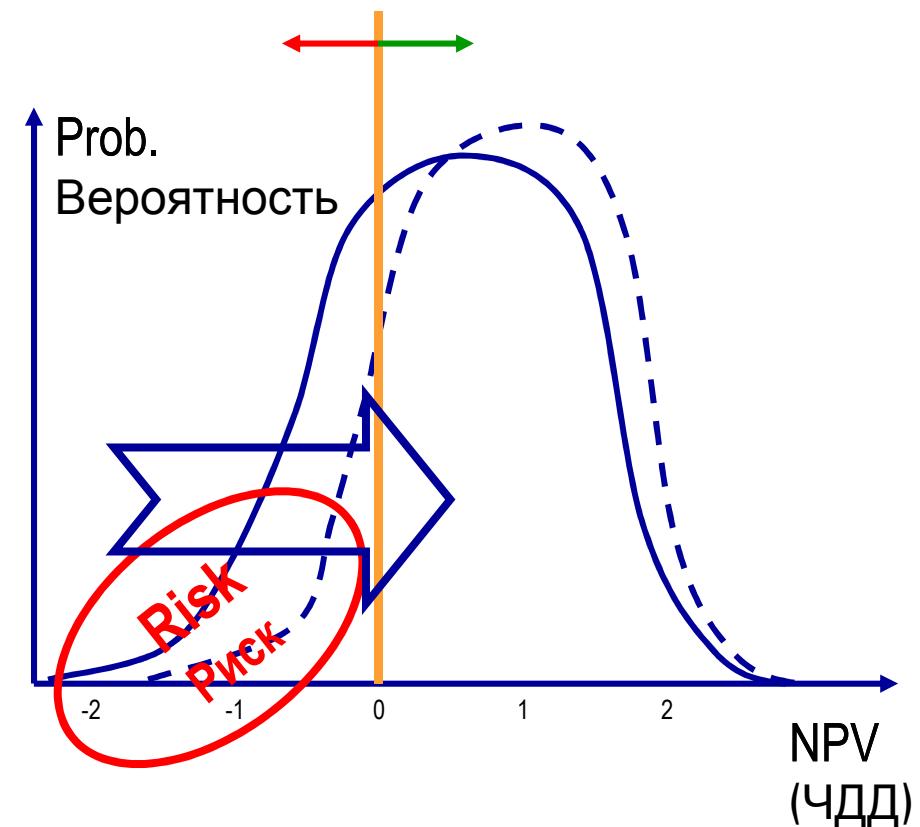
Определение

Challenged / marginal field

High probability of negative project
NPV

**Спорное/ малорентабельное
месторождение**

Высокая вероятность
отрицательного ЧДД по проекту



Workflow



Организация рабочего процесса

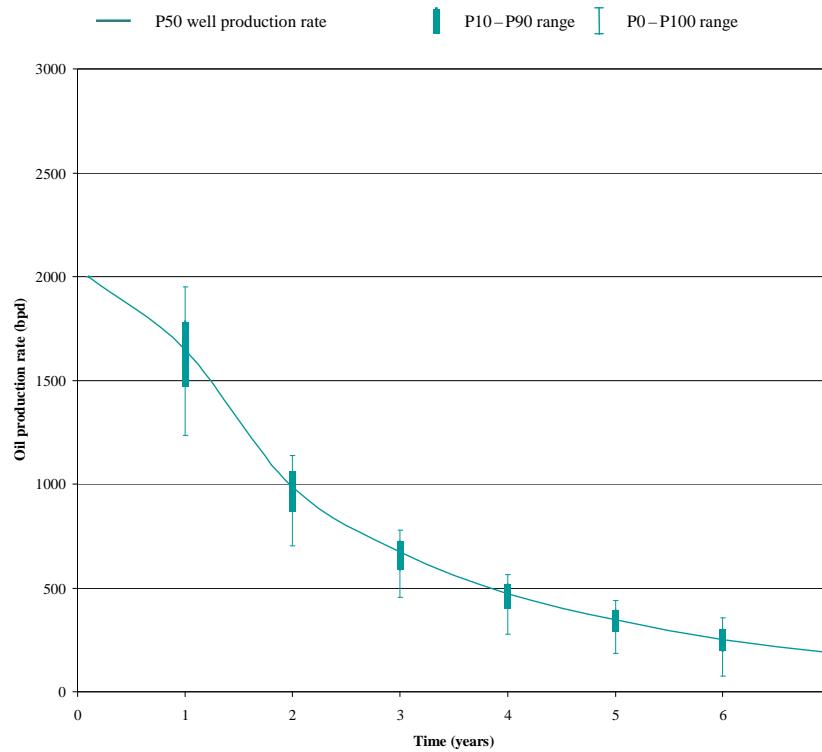
- Definition of parameters
■ Определение параметров
- Parameter Adjustment (History-match)
■ Корректировка параметров
(настройка на историю разработки)
- Definition of options (prediction)
■ Определение альтернативных
вариантов (прогноз)
- Optimization
■ Оптимизация

Stochastic production profile

Стохастический профиль добычи

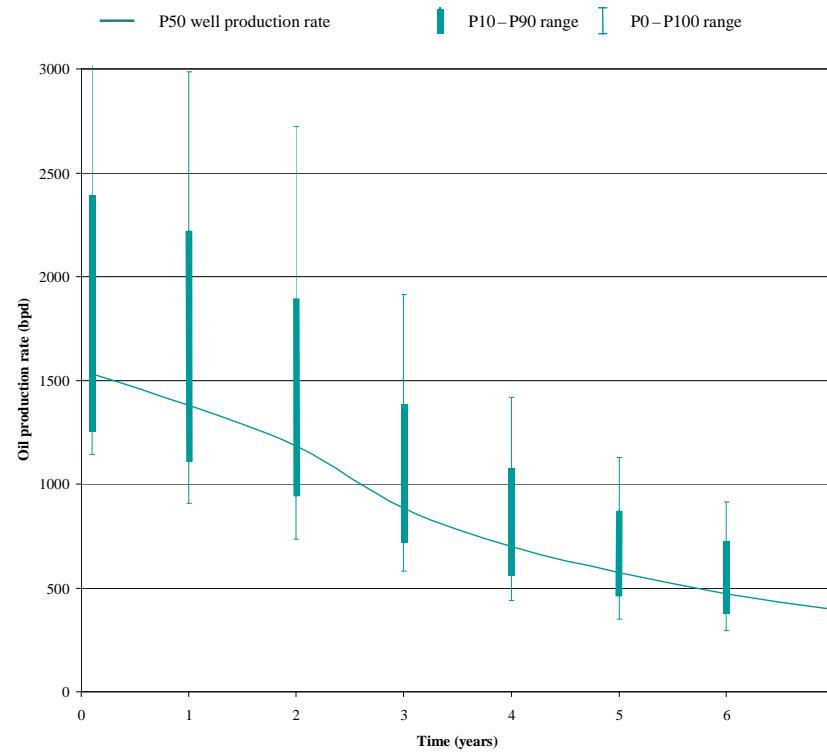
Forecast of existing well

Прогноз по ранее пробуренной скважине



Forecast of new well

Прогноз по новой скважине



Example 1

Logging and coring justification for fractured reservoir

Пример №1

Обоснование каротажных исследований и отбора керна в трещиноватых пластах

The problem

Well performance major factor for success

- Initial oil rates > 1200 bpd
- Deviated to pickup fractures

Large fracture uncertainty

- Fractures present ?
- If present, conductive ?

When to abandon and side-track?

Задача

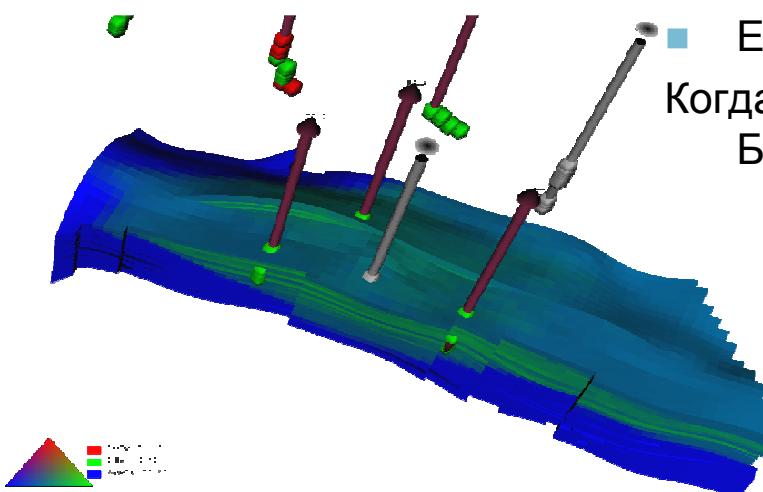
Главный залог успеха – эффективность эксплуатации скважин

- Пусковые дебиты по нефти больше 190 м³/сут
- Наклонные стволы для вскрытия трещин

Большая неопределенность относительно трещин

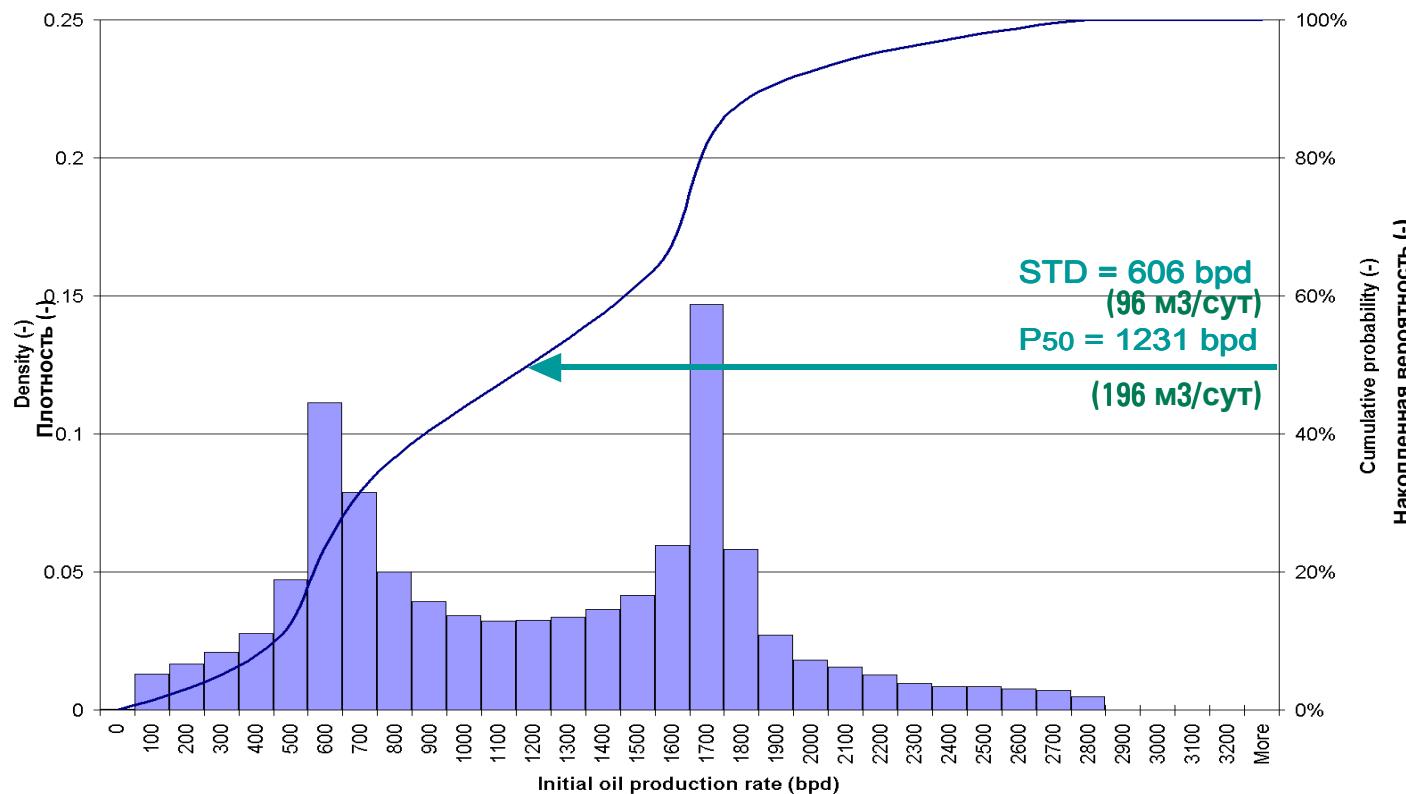
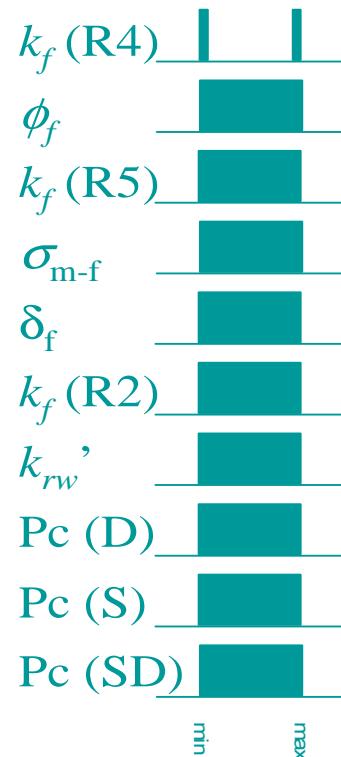
- Есть ли трещины ?
- Если есть, какова их проводимость ?

Когда ставить цементный мост и бурить БГС?



Initial oil production distribution with binary fracture permeability distribution

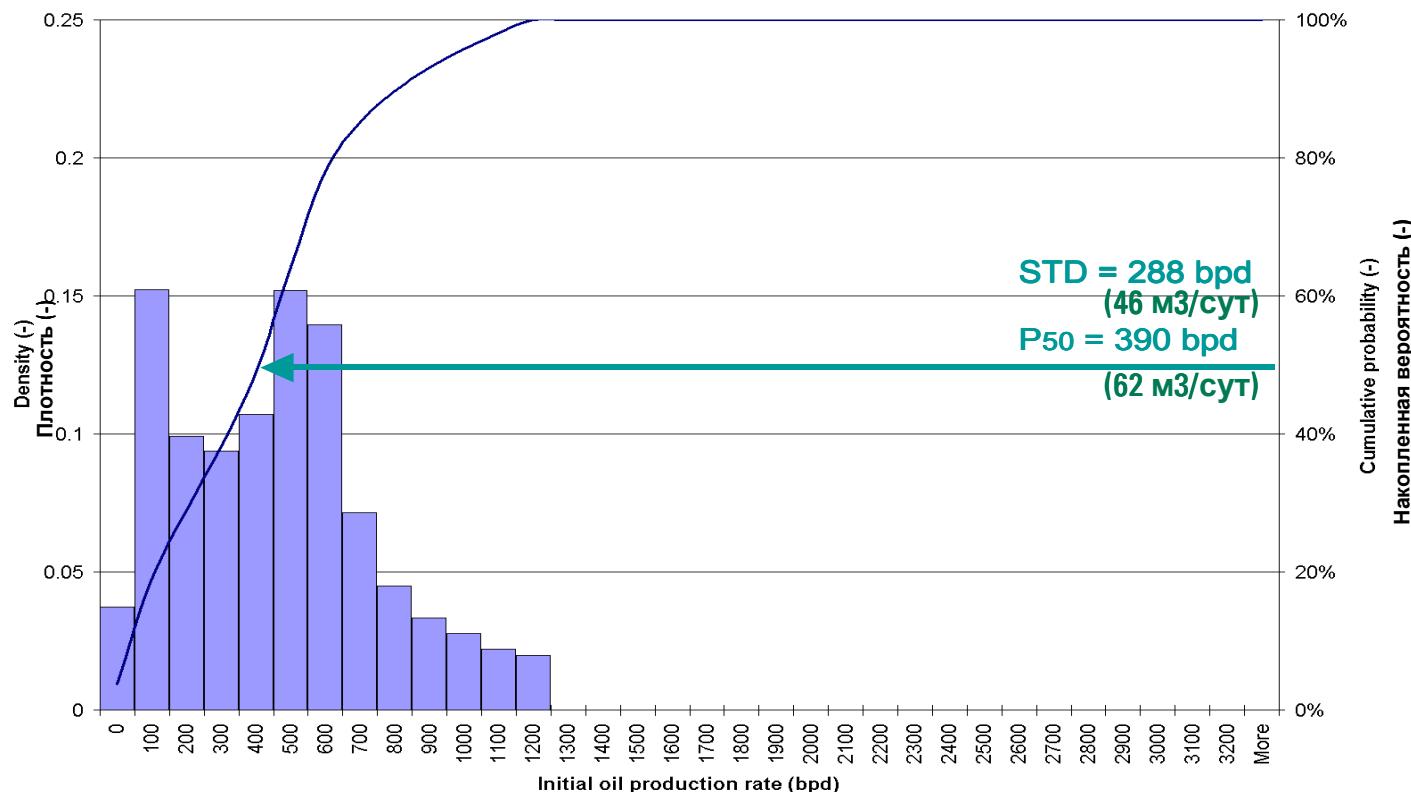
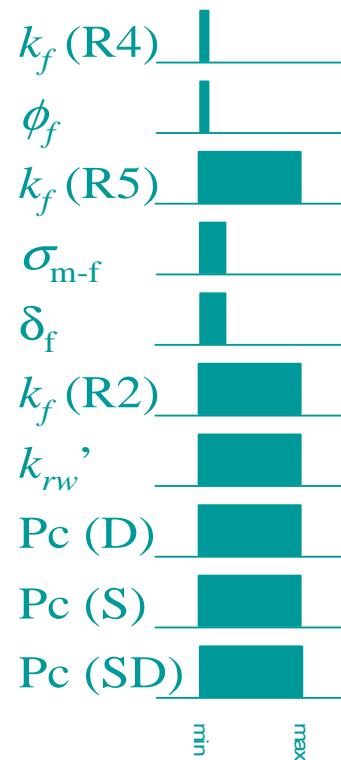
Распределение пусковых дебитов при бинарном распределении проницаемости трещин



Initial oil production distribution

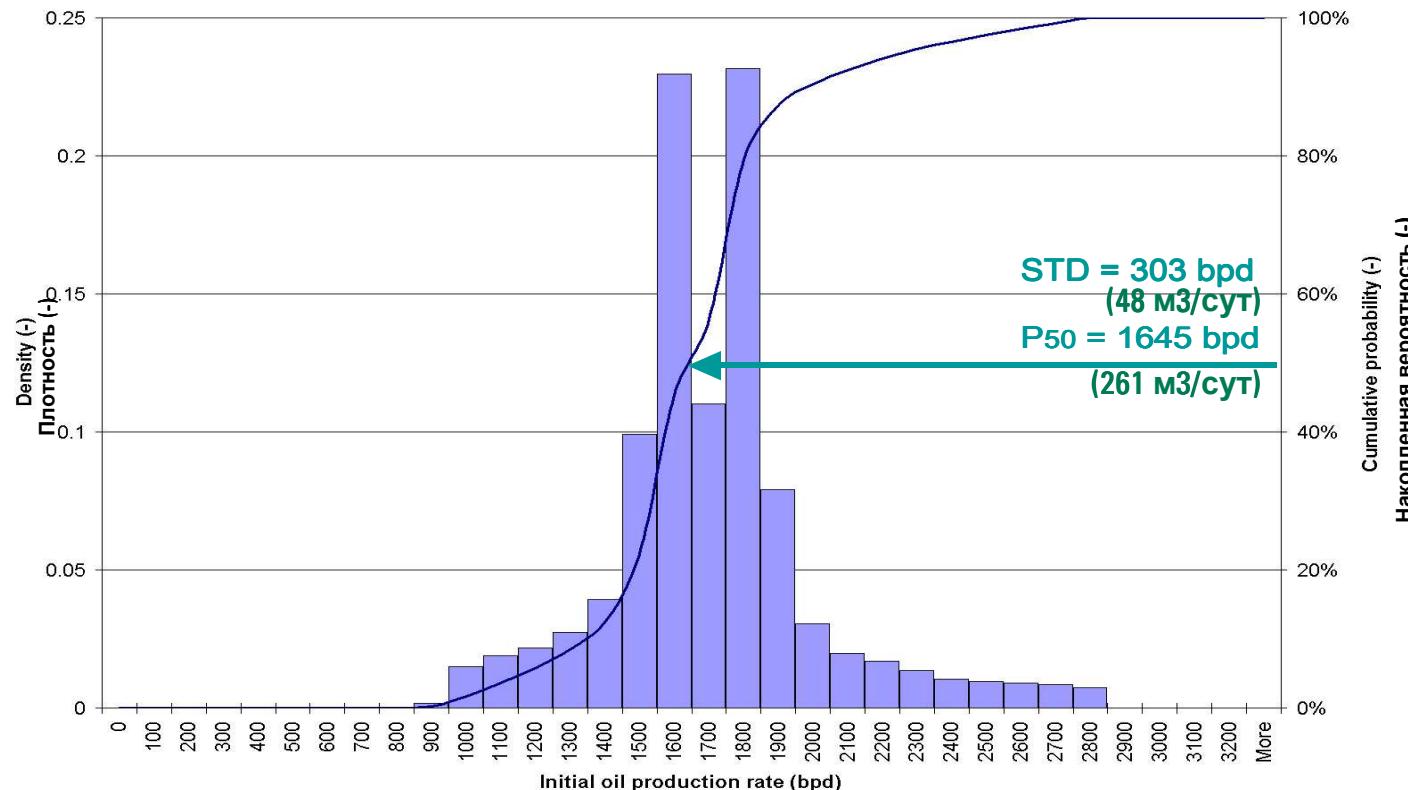
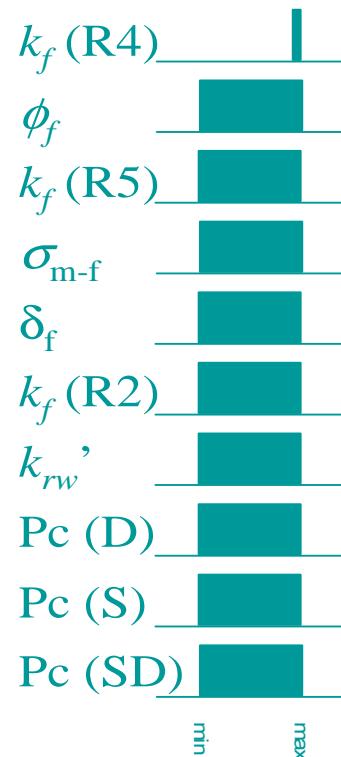
Impact of OBMI, DSIs when fractures are non conductive

Распределение пусковых дебитов,
Влияние OBMI и DSIs в пластах с
непроводящими трещинами



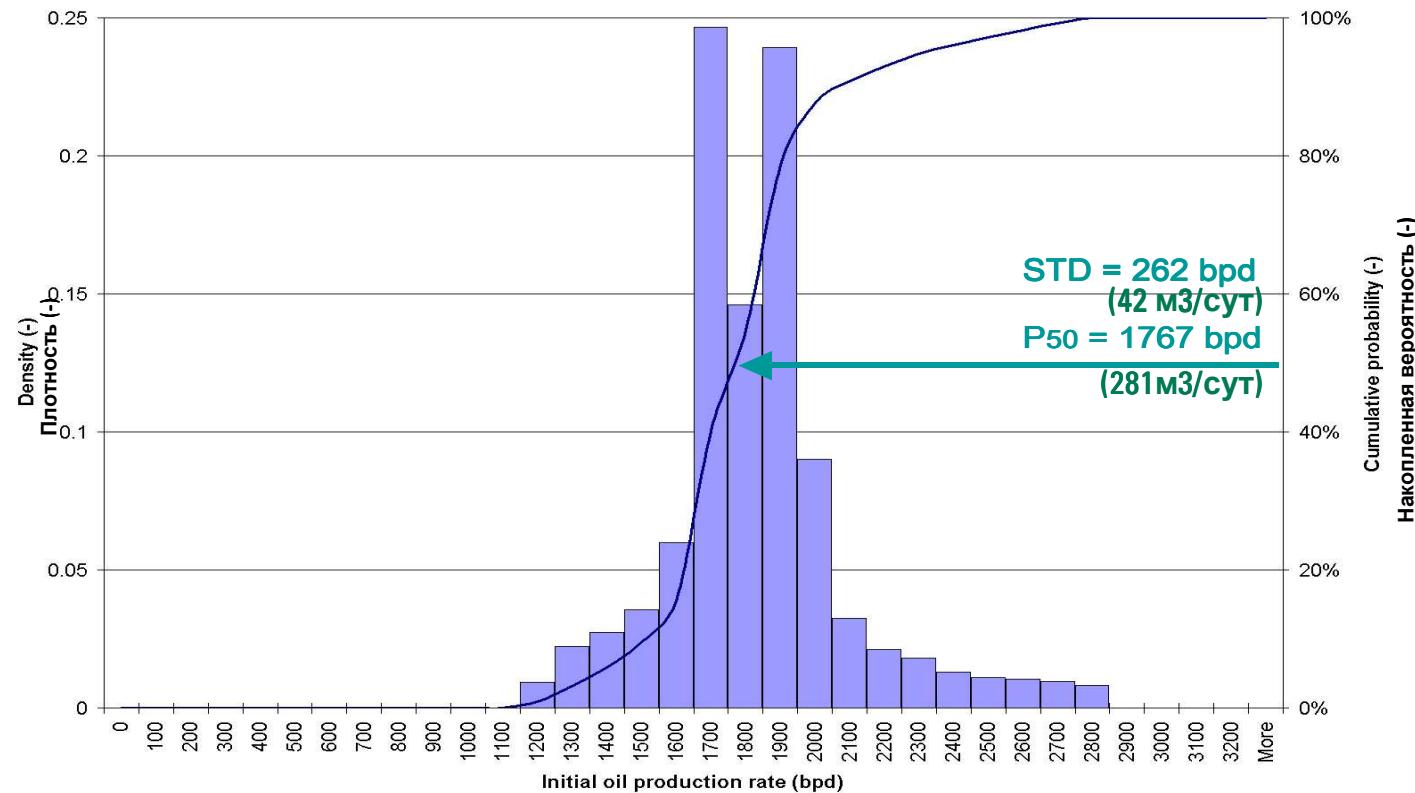
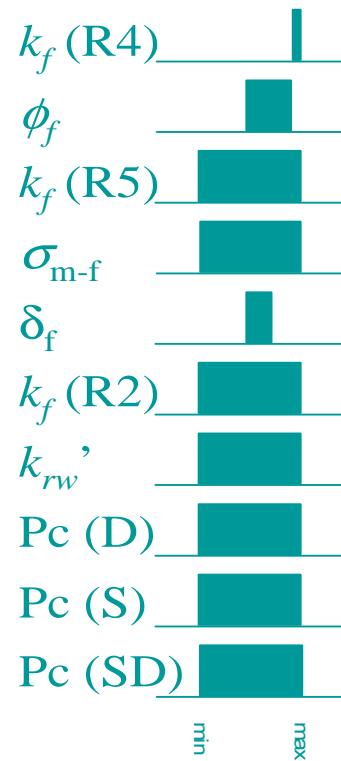
Initial oil production distribution - fractures are conductive

Распределение пусковых дебитов при проводящих трещинах



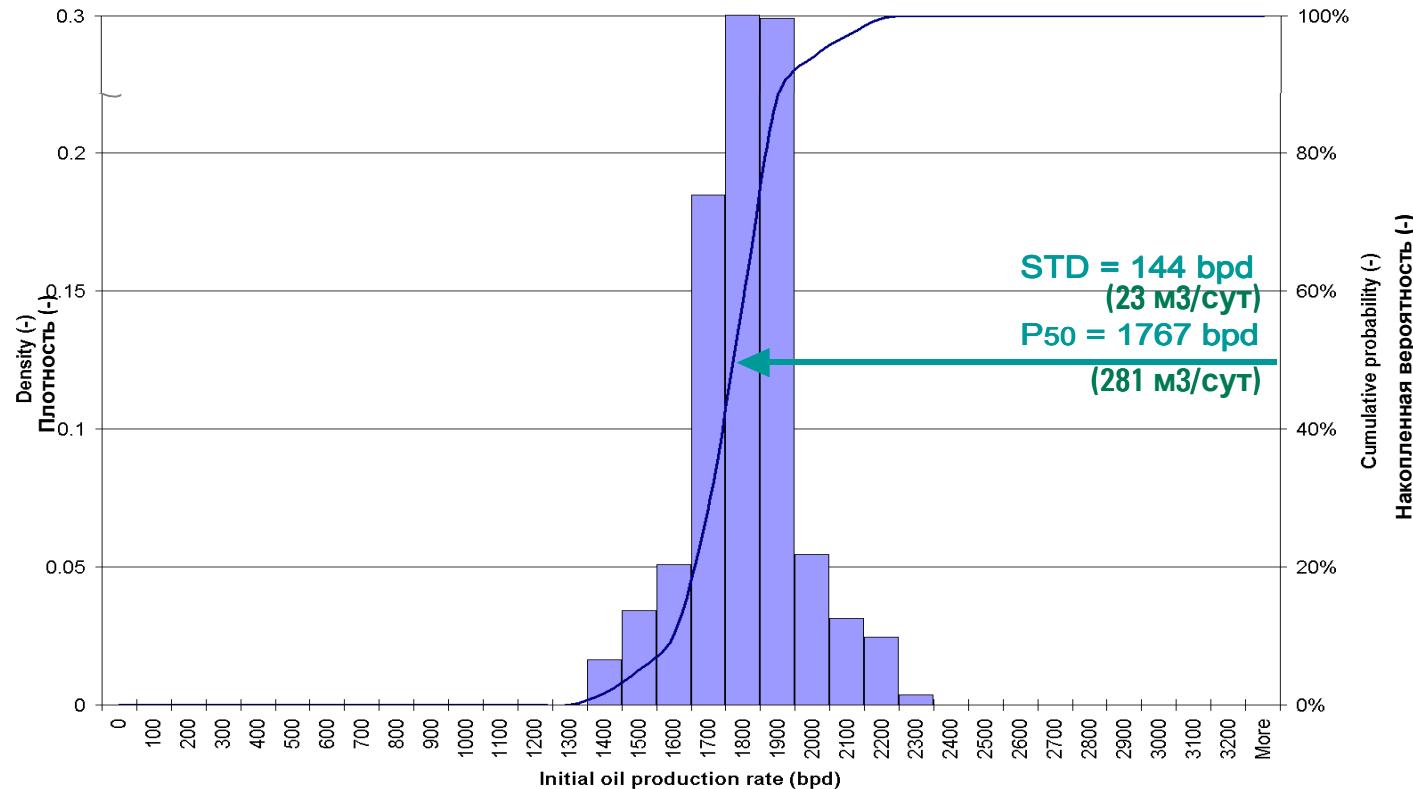
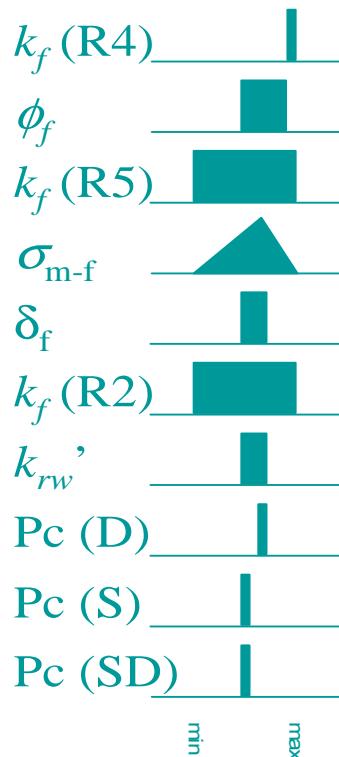
Initial oil production distribution Impact of OBMI, DSIs - fractures are conductive

Распределение пусковых дебитов,
Влияние OBMI и DSIs в пластах с
проводящими трещинами



Initial oil production distribution

Impact of coring - fractures are conductive



Decision making process on logging and coring program

Процесс принятия решений по программе каротажных исследований и отбора керна

Decisions to be made

Run enhanced logging suite for all wells drilled in dolomite environment

Production test

- No conductive fractures
 - Abandon and side track
- Conductive fractures
 - Take core to narrow down the stochastic profile
 - Produce at around 1800 bpd

Принять следующие решения

Провести расширенный комплекс ГИС во всех скважинах, пробуренных в доломитах

Опробование скважин

- При отсутствии проводящих трещин
 - Цементный мост и БГС
- Проводящие трещины
 - Сузить стохастический профиль с помощью керновых данных
 - Получить 290 м³/сут

Initial oil production rate (stb)	Fracture @ max	Logging	Logging and Coring
Mean ¹⁵	1663,7	1788,9	1763,6
Standard Deviation	303,3	262,5	144,4

Пусковой дебит по нефти, м ³	Трещина при макс.	ГИС	ГИС и отбор керна
Среднее	264,5	284,4	280,4
Среднеквадр. отклонение	48,2	41,7	23,0

Example 2

Water injection installation

Пример №2

Поддержание пластового давления

The problem

Reservoir

- Sandwiched oil rim of 70 m thickness
- Volumetric reservoir behaviour, no aquifer present
- Likely to be a really heterogeneous
- Possibly highly stratified, which could protect wells against coning (gas and water)

Operational

- Facilities and space for water injection facilities

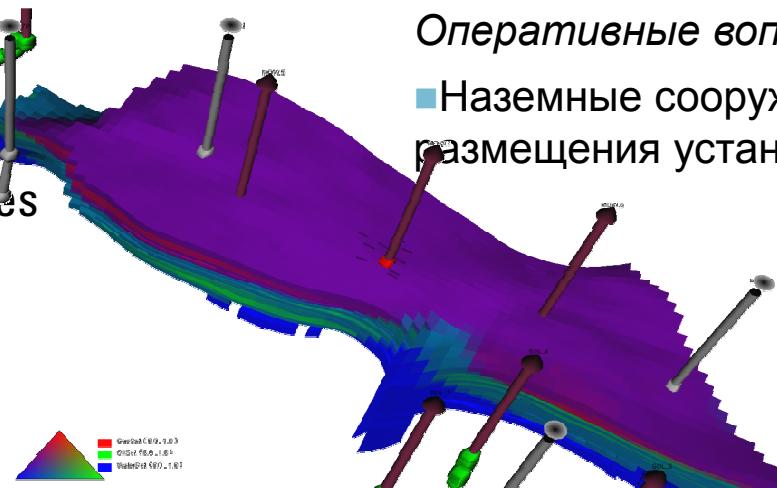
Задача

Пласт

- Нефтяная оторочка мощностью 70 м
- Замкнутый коллектор без контурной воды
- Скорее всего действительно неоднородный пласт
- Возможна сильная слоистость, что может предотвратить подтягивание конусов газа и воды

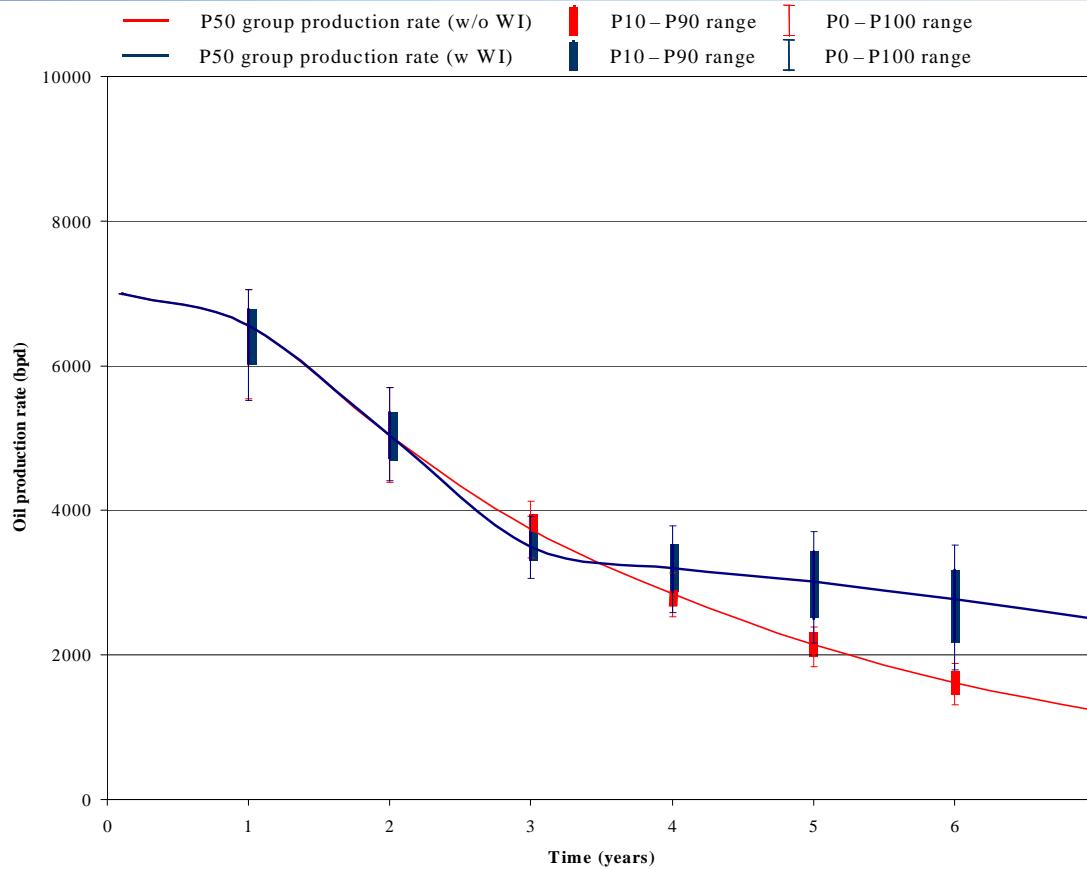
Оперативные вопросы

- Наземные сооружения и площади для размещения установок для ППД



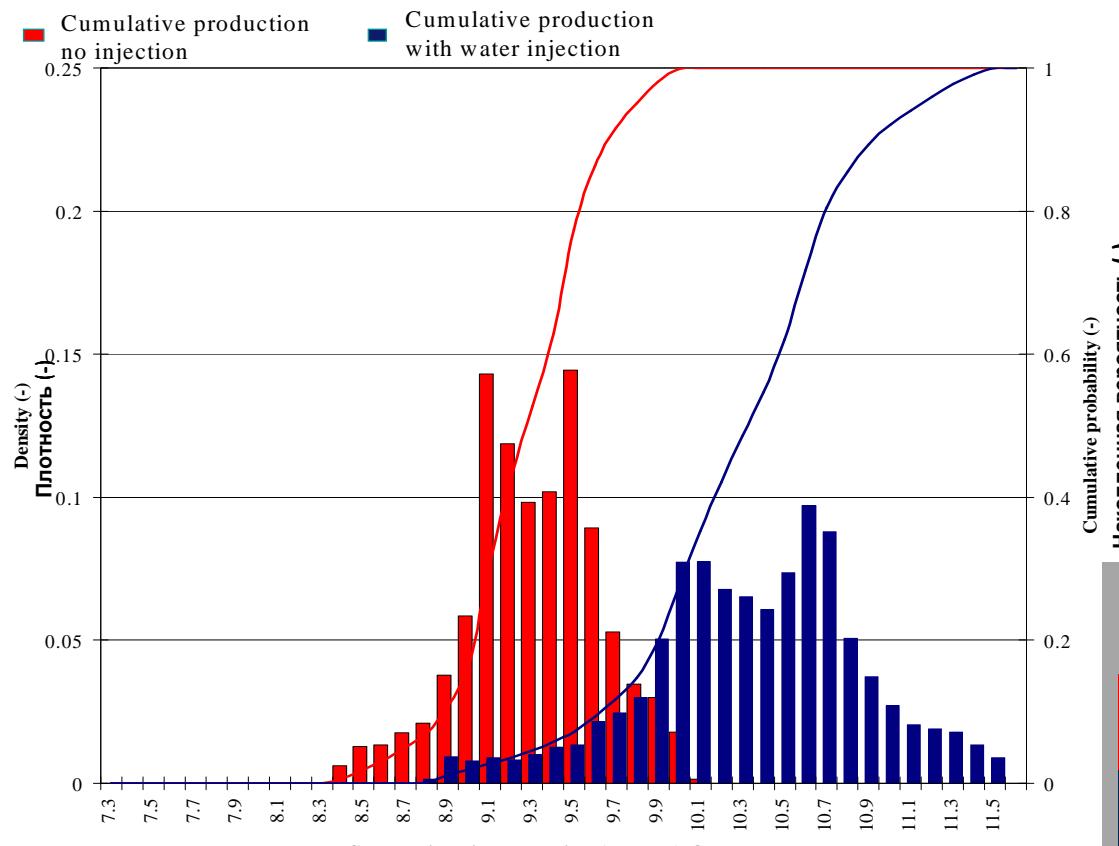
Oil production profile – without and with water injection

Профиль добычи нефти с
поддержанием и без поддержания
пластового давления



Cumulative oil production – without and with water injection

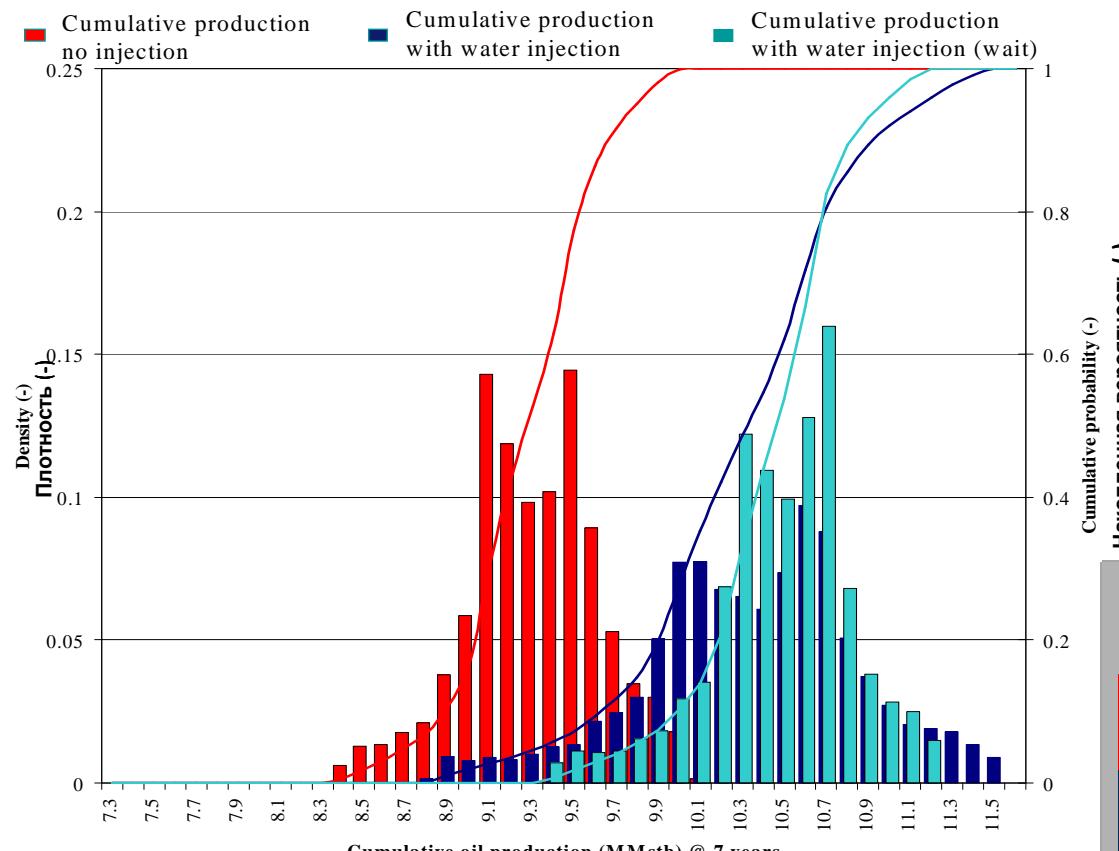
Накопленная добыча нефти – с ППД и без ППД



P50	StdDev
9.26	0.32
10.31	0.52

Cumulative oil production – without and with water injection and delayed injection

Накопленная добыча нефти – с ППД и без ППД и отсрочка начала ППД



P50	StdDev
9.26	0.32
10.31	0.52
10.46	0.34

Decision making process – Real Options

Процесс принятия решений – реальные альтернативы

Real option

Includes the effect of uncertainty along the time

Wait – See – Learn (before investing)

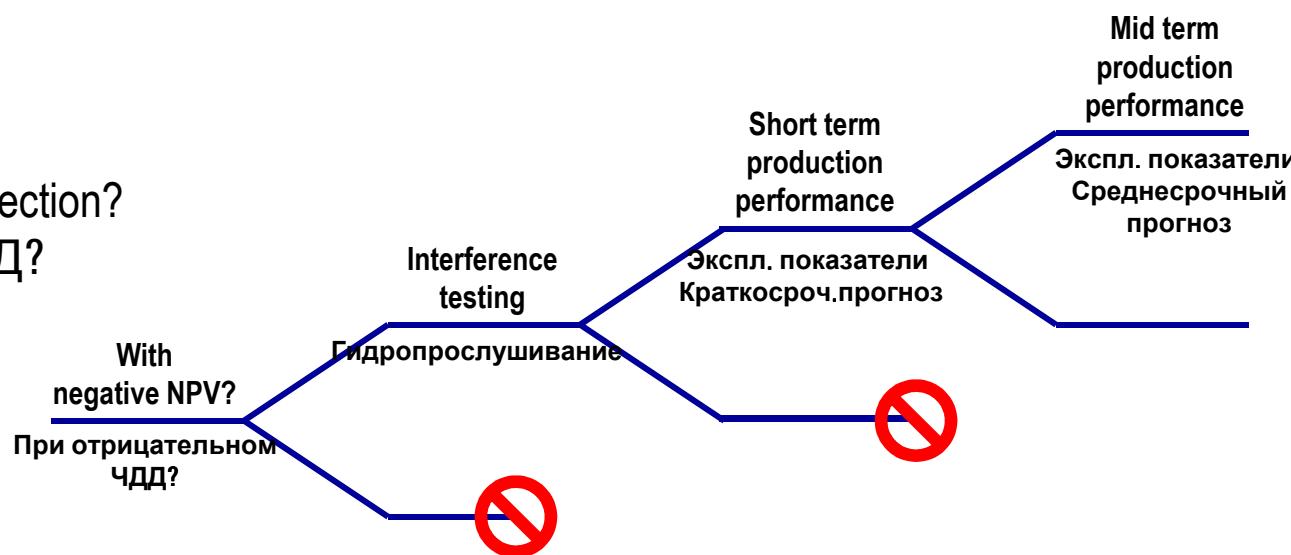
Реальная альтернатива

Учитывает влияние неопределенности во времени

Жди – Смотри – Учись (прежде, чем вкладывать средства)

Water injection?

ППД?



Decision making process on water injection strategy

Процесс принятия решений по стратегии ППД

Decisions to be made

- Wait to make decision on water injection
- Reserve space for WI equipment on platform
- Prepare for decision in two years
 - Define and implement data gathering strategy to assess reservoir connectivity

Принять решения

- Ждем момента, когда нужно принять решение о переходе на ППД
- Отвести место на платформе для установок ППД
- Подготовиться к принятию решения через 2 года
 - Выработать и внедрить стратегию сбора данных для оценки связности отдельных зон пласта

Example 3

Appraisal strategy definition

Пример №3

Определение стратегии оценочного бурения

The problem

Reservoir

- 20 m oil-rim sandwiched between gas cap and aquifer
- 3 exploratory wells and, hence, large amount and wide range of uncertainties

Operational

- Define the appraisal strategy

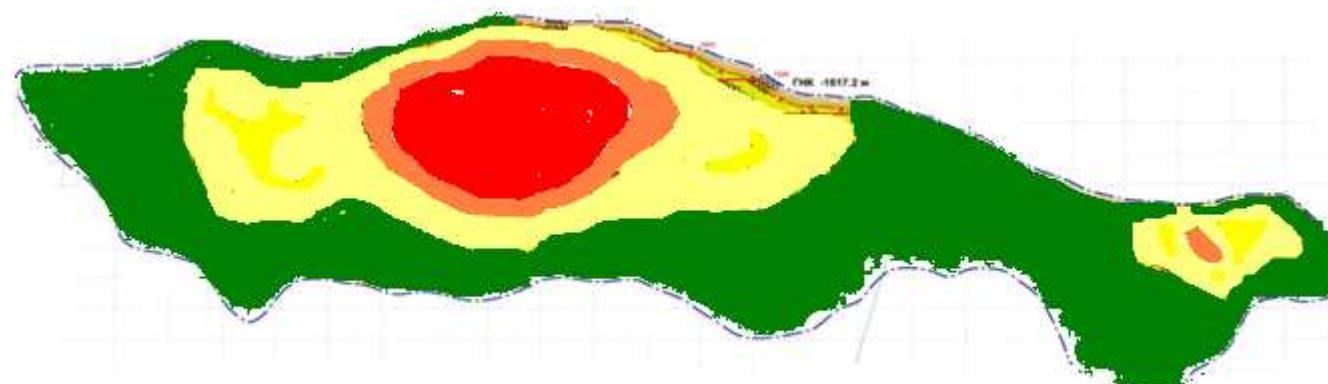
Задача

Пласт

- Нефтяная оторочка мощностью 20 м между газовой шапкой и законтурной областью
- Три разведочные скважины, отсюда большой объем и широкий диапазон неопределенности

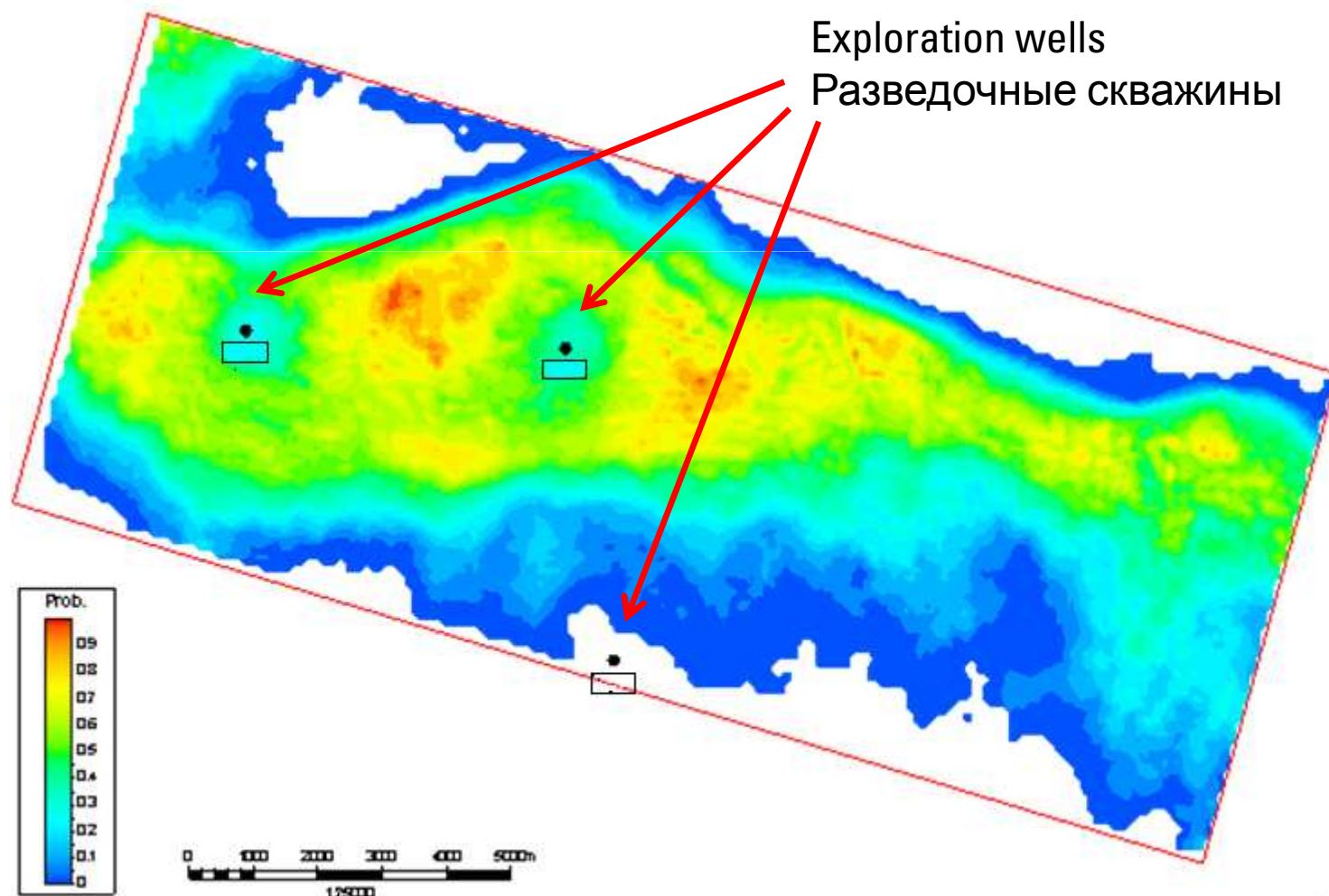
Оперативные вопросы

- Выработать стратегию оценочного бурения



Probabilistic net oil thickness (1000s of realizations)

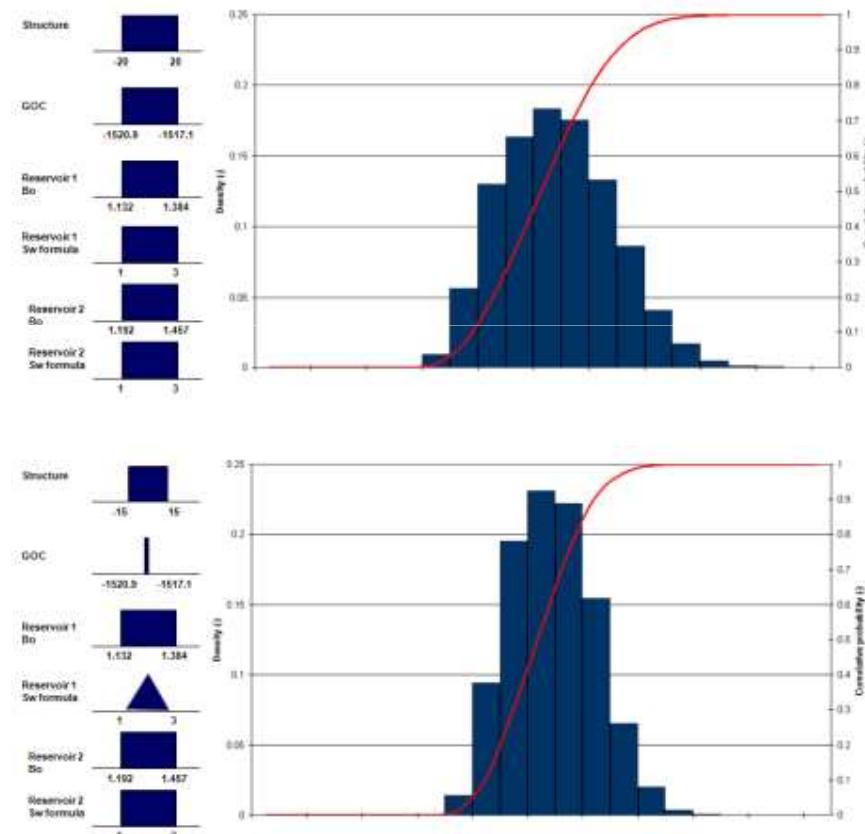
Определение эффективной
мощности нефтенасыщенного
пласта вероятностным методом
(тысячи реализаций)



Narrowing the oil-in-place distribution

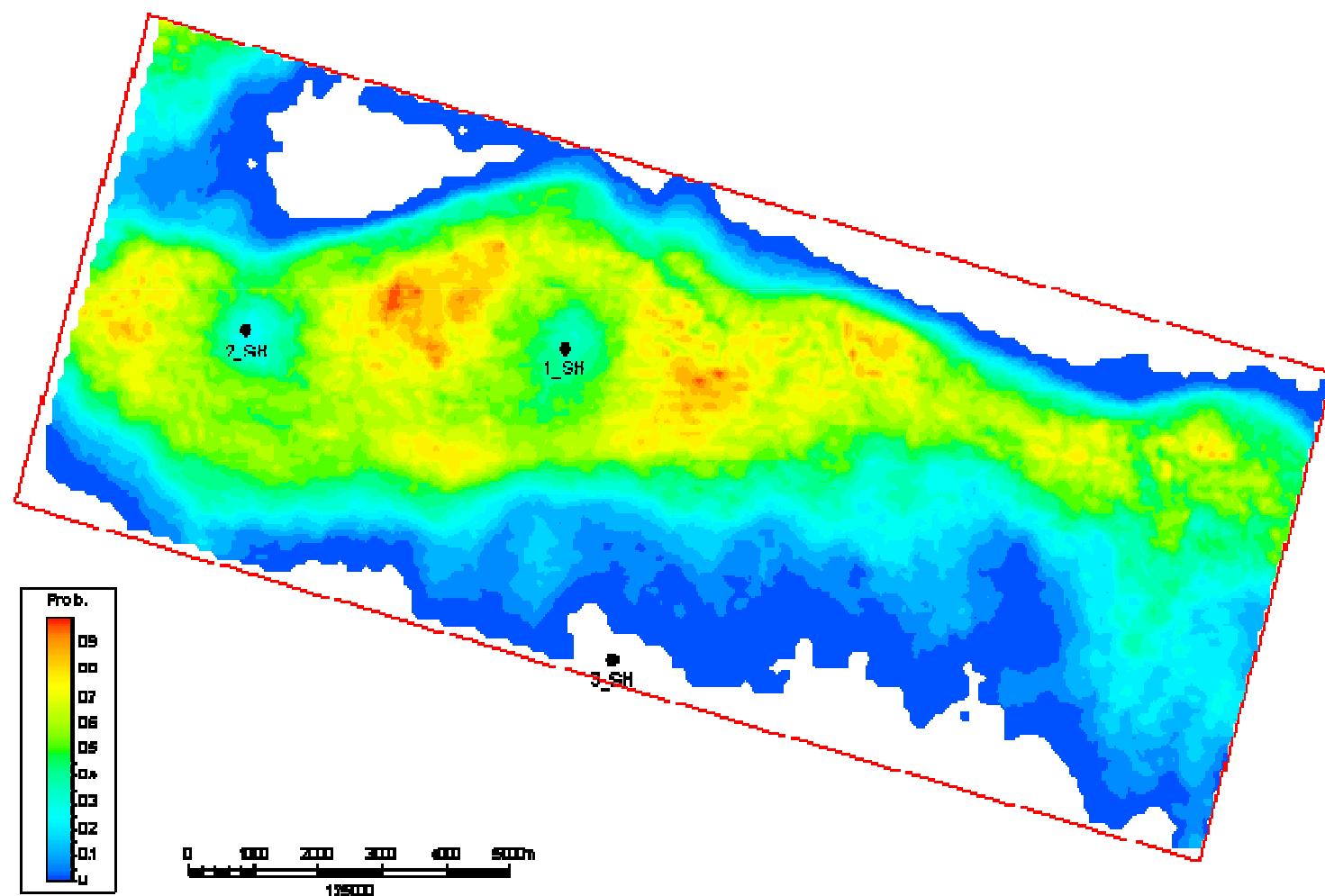
Сужение распределения геологических запасов нефти

- Uncertainty reduction of the OOIP (Example 1)
 - Seismic acquisition / processing
 - Logging program
 - Coring program
 - Testing program
- But where?
- Снижение неопределенности начальных геологических запасов нефти (Пример №1)
 - Полевые работы и обработка сейсмики
 - Программа ГИС
 - Программа отбора керна
 - Программы ГДИС
- Но где?



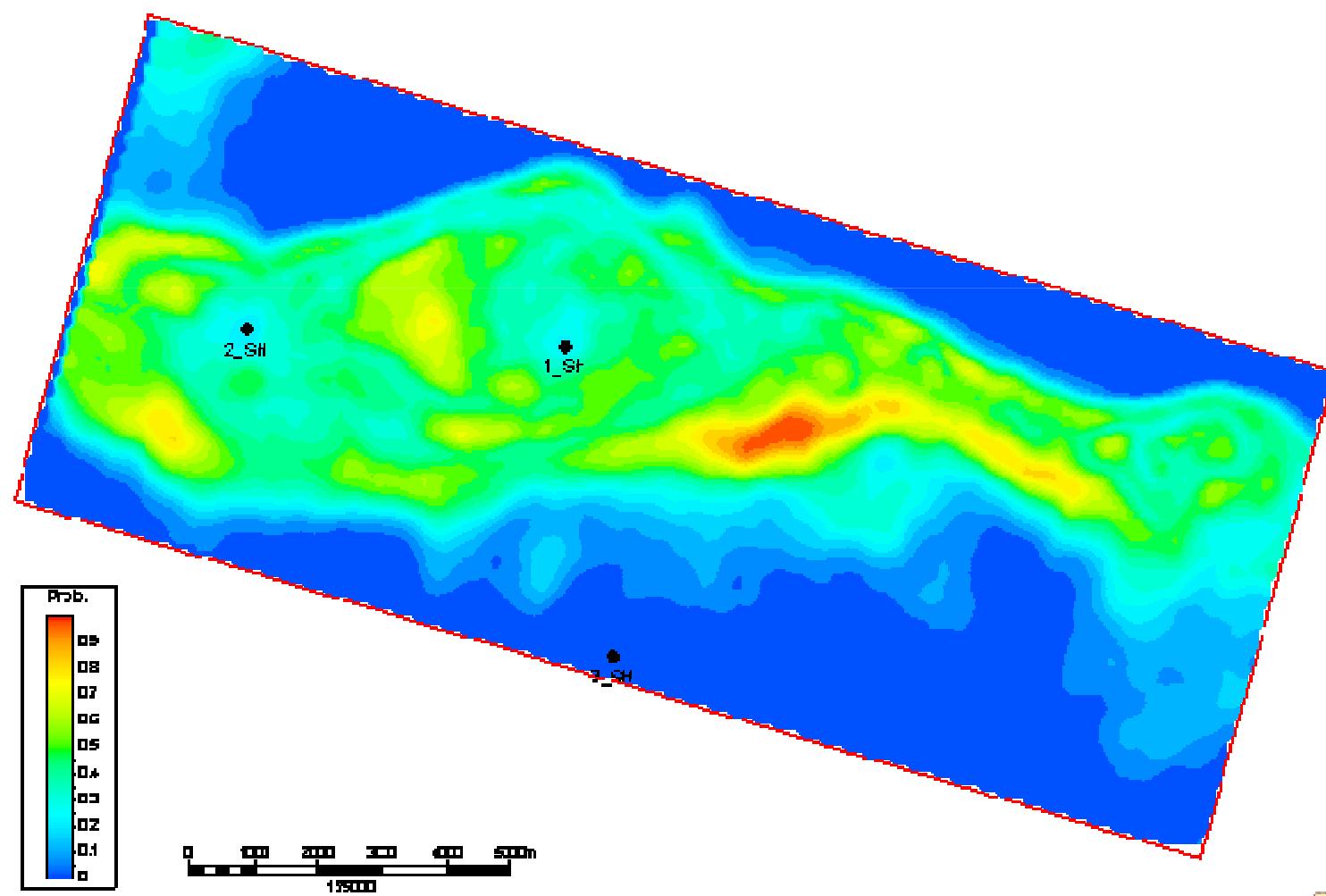
Probabilistic net oil thickness (1000s of realizations)

Определение эффективной
мощности нефтенасыщенного
пласта вероятностным методом
(тысячи реализаций)



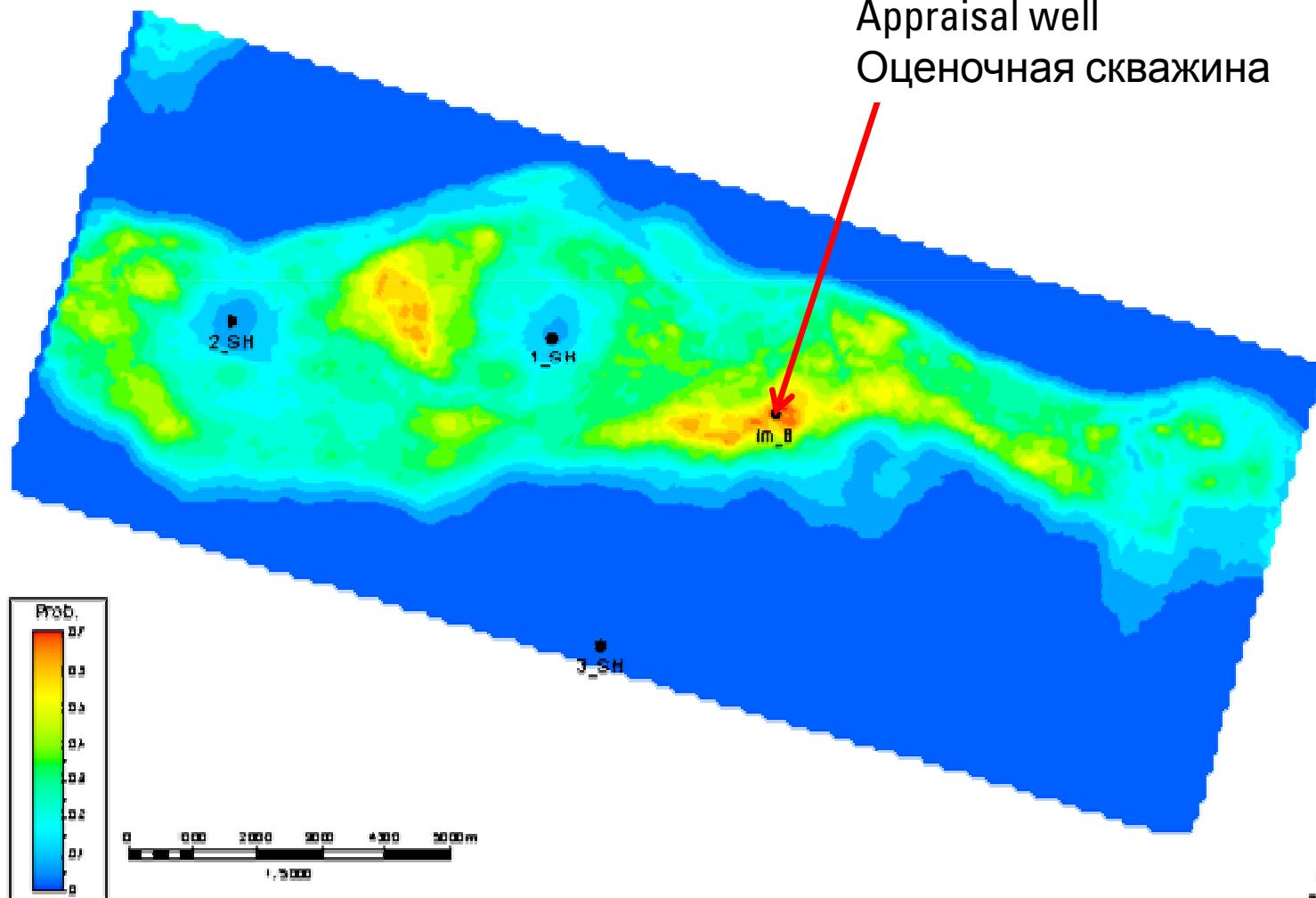
Standard deviation
(1000s of realizations)

Среднеквадратическое
отклонение (тысячи реализаций)



Normalized net thickness *
normalized standard deviation

Нормированная эффективная
мощность * Нормированное
среднеквадратическое отклонение



Decision making process on appraisal strategy

Процесс принятия решений по стратегии оценочного бурения

Decisions to be made

Drill appraisal well in the east of the structure

- Confirm structure
- Confirm contacts

Log with enhanced suite and core

- Confirm sedimentological environment
- Confirm reservoir quality

Принять следующие решения

Пробурить оценочную скважину к востоку от структуры

- Подтверждаем структуру
 - Подтверждаем контакты
- Расширенный комплекс ГИС и отбор керна
- Подтверждаем условия осадконакопления
 - Подтверждаем качество коллекторских свойств

Example 4 Drilling strategy definition

Пример №4 Определение стратегии разбуривания

The problem

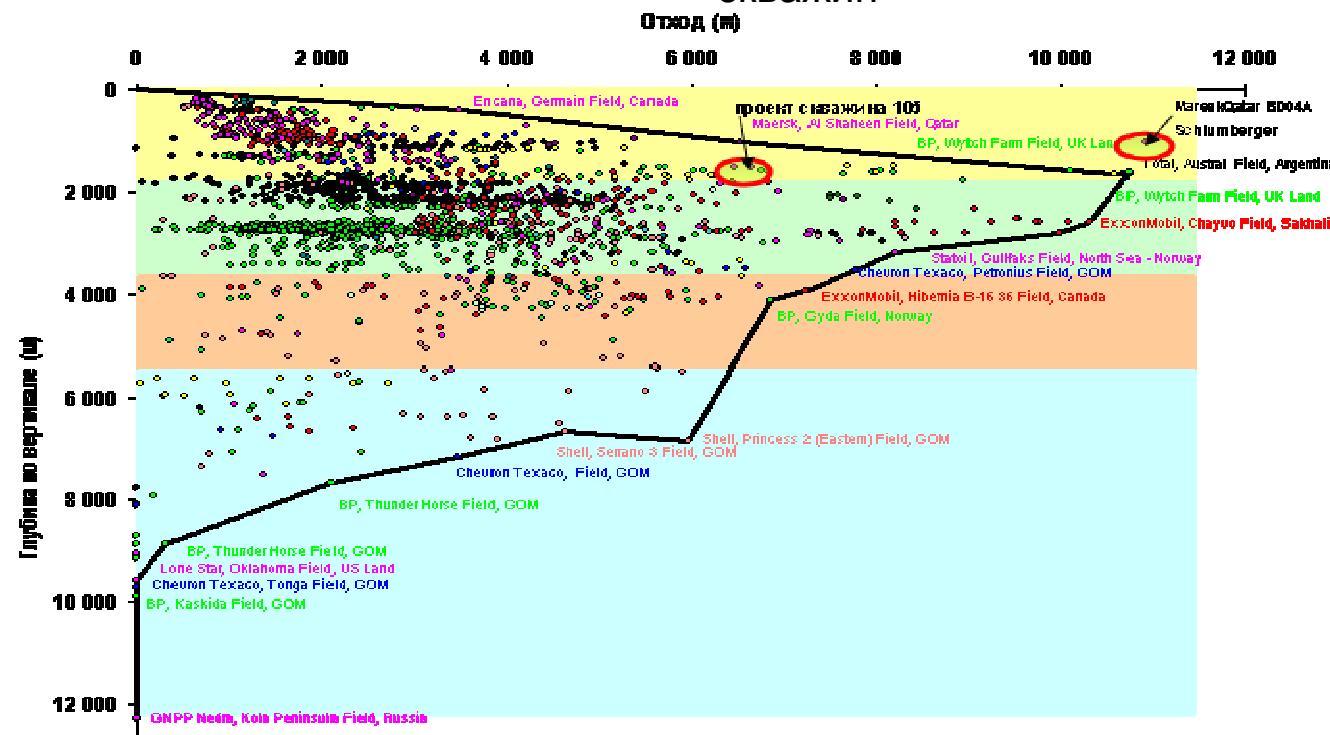
Operational

- Drilling at the edge of the technology
- Completing, producing those wells

Задача

Оперативная

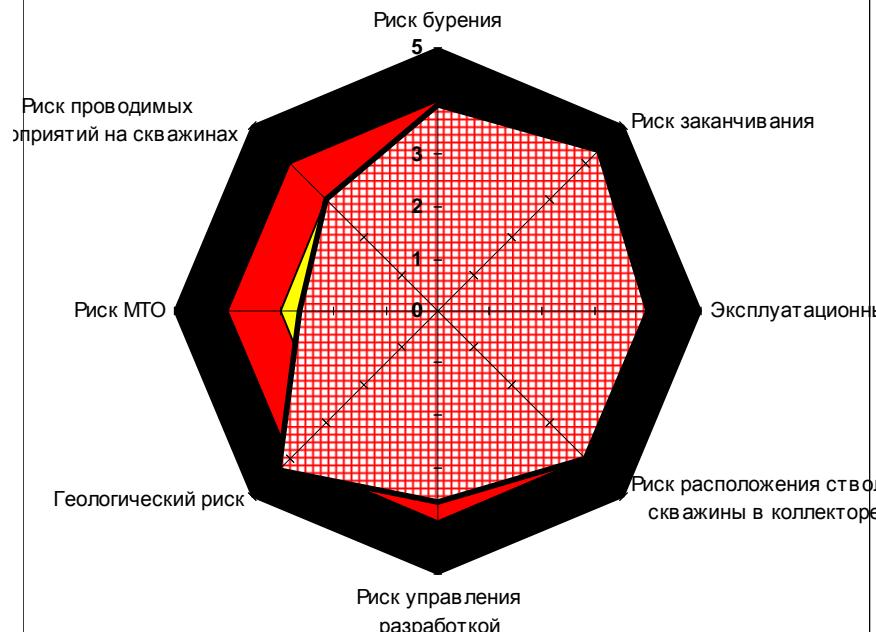
- Бурение с применением новейших технологий
- Заканчивание и эксплуатация таких скважин



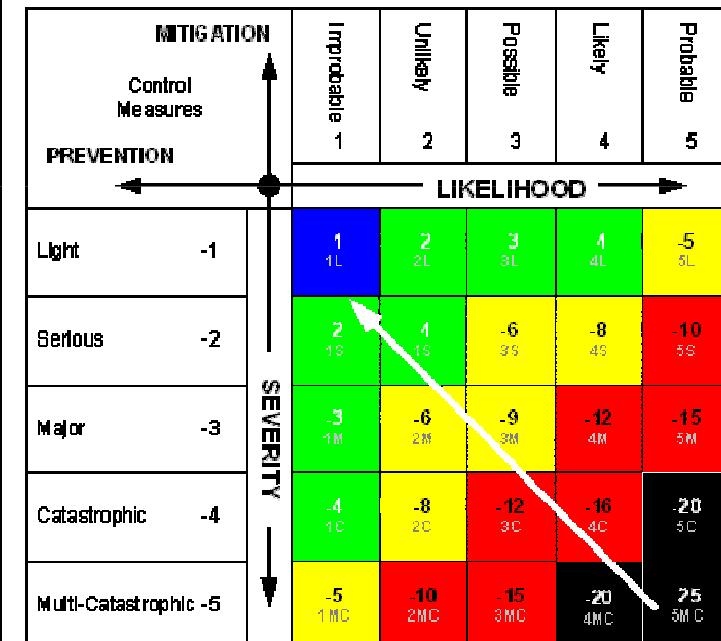
Visualization risk categories

Визуализация различных категорий рисков

Начальный риск



-25 to -20	BLACK	NON OPERABLE: Evacuate the zone and or area/country
-16 to -10	RED	INTOLERABLE: Do not take this risk
-9 to -6	YELLOW	UNDESIRABLE: Demonstrate ALARP before proceeding
-4 to -2	GREEN	ACCEPTABLE: Proceed carefully, with continuous improvement
-1	BLUE	NEGLIGIBLE: Safe to proceed



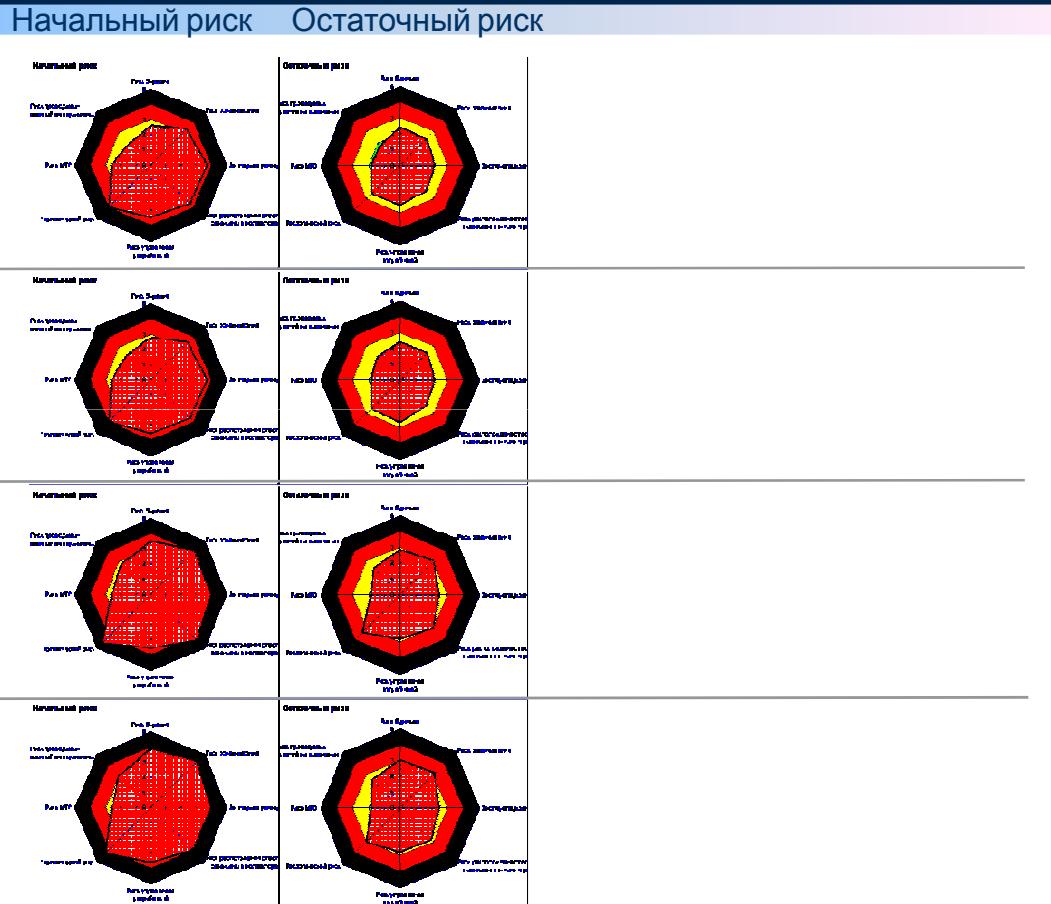
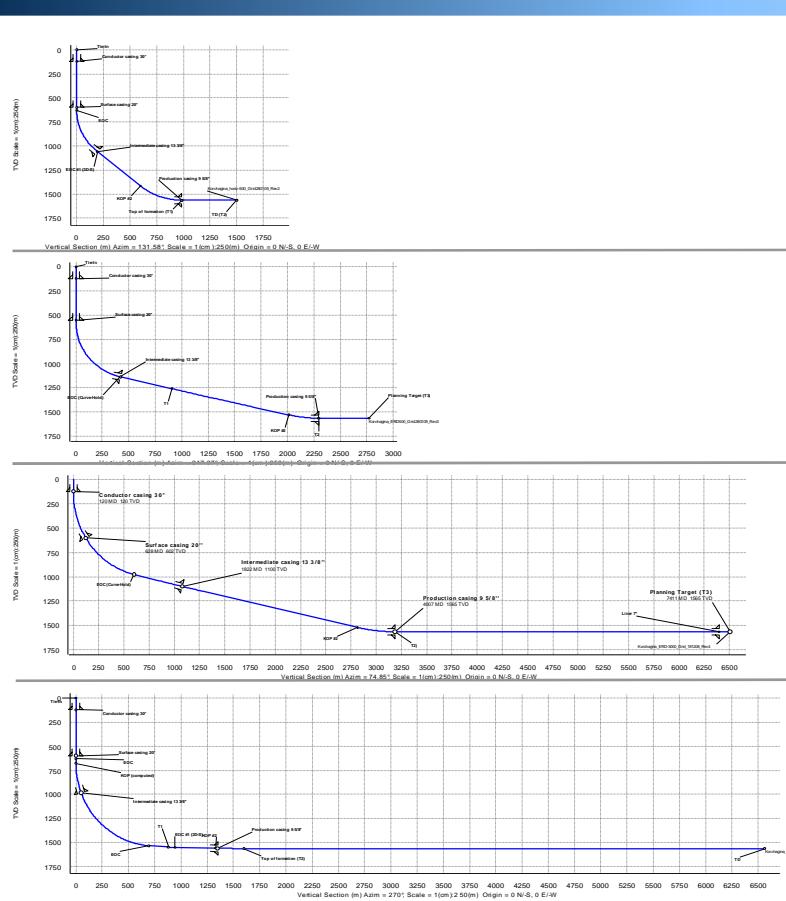
Risk register creation (Geological Risk)

Создание журнала рисков (геологический риск)

Causes	Consequence	Well type	Initial Risk			Prevention (measures to reduce Likelihood)	Mitigation (measures to reduce Severity)	Residual Risk					
			Likelihood	Severity	Risk level			Likelihood	Severity	Risk level			
The well didn't encounter the target reservoir top at expected TVDSS (possible causes: incorrect execution of drilling program; wrong T1 depth predicted by the geologist due to structural uncertainties)	Additional drilling operations are required to search for the target reservoir		Short T2 Short H	3	4	12	4	1/ Drill pilot well and re-estimate structural uncertainty.	1/ Real time predictions for a new location of T1 point	2	3	6	3
			Med T2 Extreme Long H	4	4	16	4	2/ Run full logging suite and correlate real-time with offset wells. Track the well trajectory in the 3D geamodel.		3	3	9	3
			Long T2 Long H	5	4	20	5	3/ Run LWD		4	3	12	4
			Med T2 Short H	4	4	16	4	4/ Sample and analyze cuttings		3	3	9	3
The well encountered non-reservoir at T1 point (possible causes: incorrect execution of drilling program; high heterogeneity of the target formation and poor chances of reliable prediction of the reservoir geology and properties)	Additional drilling operations are required to search for the target reservoir units		Short T2 Short H	3	4	12	4	1/ Drill pilot well and re-estimate sedimentological uncertainty.	1/ Real time predictions for a new location of T1 point	2	3	6	3
			Med T2 Extreme Long H	4	4	16	4	2/ Run full logging suite and correlate real-time with offset wells. Track the well trajectory in the 3D geamodel.		3	3	9	3
			Long T2 Long H	5	4	20	5	3/ Run LWD		4	3	12	4
			Med T2 Short H	4	4	16	4	4/ Sample and analyze cuttings		3	3	9	3
The well encountered non-reservoir in T2 point (possible causes: incorrect execution of drilling program; high heterogeneity of the target formation and poor chances of reliable prediction of the reservoir geology and properties)	Additional drilling operations are required to search for the target reservoir units		Short T2 Short H	3	4	12	4	1/ Drill pilot well and re-estimate sedimentological uncertainty.	1/ Real time predictions for a new location of T2 point	2	3	6	3
			Med T2 Extreme Long H	4	4	16	4	2/ Run LWD, perform continuous interpretation		3	3	9	3
			Long T2 Long H	5	4	20	5	3/ Sample and analyze cuttings		4	3	12	4
			Med T2 Short H	4	4	16	4			3	3	9	3
Reservoir is lost while drilling horizontal section - the encountered unit is non-reservoir (possible causes: high heterogeneity of the target formation and poor chances of reliable prediction of the reservoir geology and properties)	Additional drilling operations are required to search for the reservoir units including - up to re-drill of the entire horizontal section		Short T2 Short H	3	5	15	4	1/ Drill pilot well and re-estimate sedimentological uncertainty.	1/ Real time adjustment of well trajectory	2	3	9	3
			Med T2 Extreme Long H	5	5	25	5	2/ Run LWD, perform continuous interpretation		4	3	12	4
			Long T2 Long H	4	5	20	5	3/ Sample and analyze cuttings		4	3	12	4
			Med T2 Short H	3	5	15	4			3	3	9	3
Well encountered gas saturated reservoirs (possible causes: incorrect execution of drilling program; wrong prediction in OGC position due to necessity to re-drill the horizontal section uncertainties in determining its depth)	Isolation of the gas saturated interval and/or re-drill of the entire horizontal section		Short T2 Short H	2	5	10	4	1/ Drill pilot well and re-estimate contact uncertainty.	1/ Real time adjustment of well trajectory	1	3	3	2
			Med T2 Extreme Long H	2	5	10	4	2/ Correlate offset wells		1	3	3	2
			Long T2 Long H	2	5	10	4	3/ run LWD, perform continuous interpretation		1	3	3	2
			Med T2 Short H	2	5	10	4			1	3	3	2
Well encountered water saturated reservoirs (possible causes: incorrect execution of drilling program; wrong prediction of OWC position due to necessity to re-drill the horizontal section uncertainties in determining its depth)	Isolation of the water saturated interval and/or re-drill of the entire horizontal section		Short T2 Short H	2	5	10	4	1/ Drill pilot well and re-estimate sedimentological uncertainty.	1/ Real time adjustment of well trajectory	1	3	3	2
			Med T2 Extreme Long H	2	5	10	4	2/ Run LWD, perform continuous interpretation		1	3	3	2
			Long T2 Long H	2	5	10	4	3/ Sample and analyze cuttings		1	3	3	2
			Med T2 Short H	2	5	10	4			1	4	4	2
Exit from productive target reservoir and enter the overlying shales (possible causes: incorrect execution of drilling program; wrong geologist's	Additional drilling operations are required to search for the target reservoir		Short T2 Short H	2	5	10	4	1/ Drill pilot well and re-estimate sedimentological uncertainty.	1/ Real time adjustment of well trajectory	1	4	4	2
			Med T2 Extreme Long H	4	5	20	5	2/ Run LWD, perform continuous interpretation		3	4	12	4

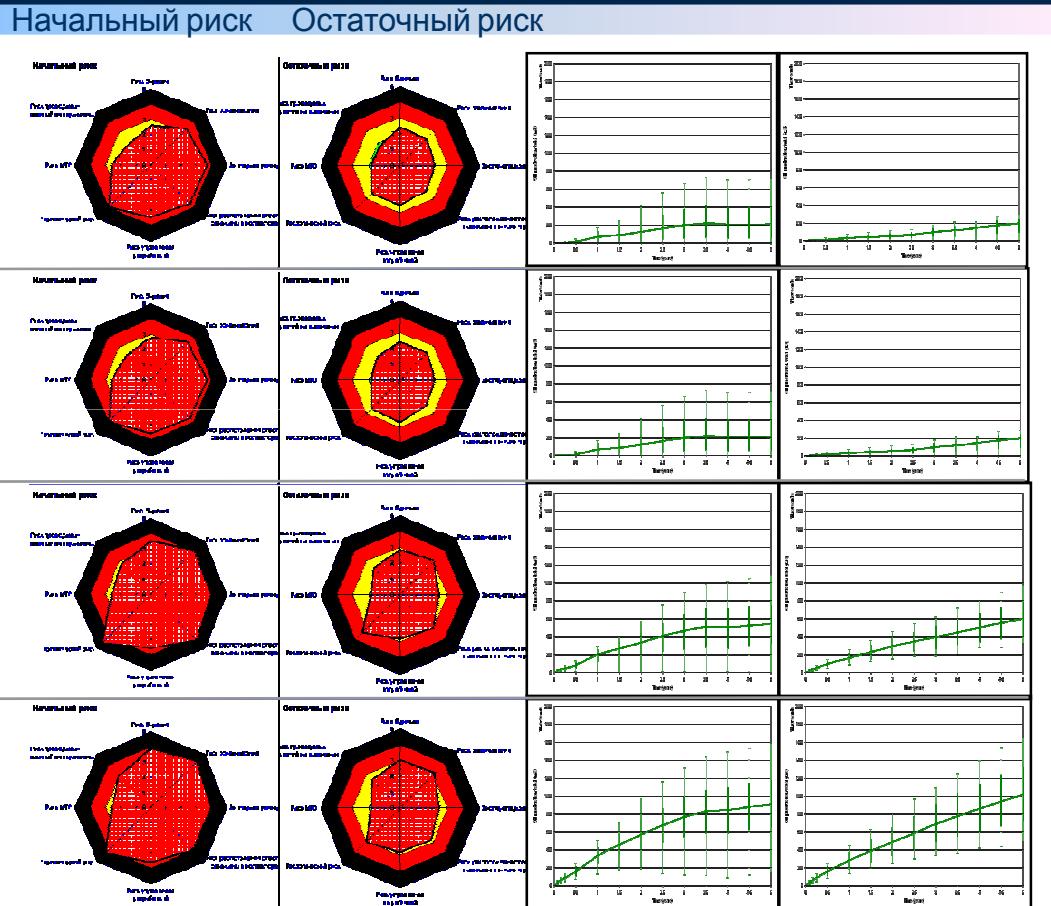
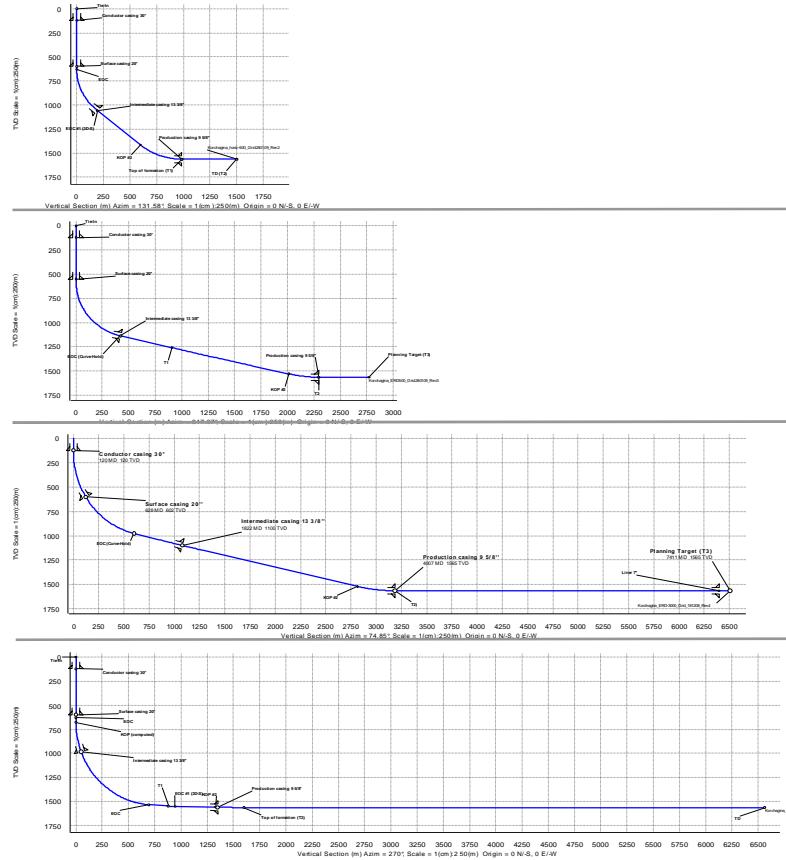
Risk matrix for each well type with mitigation

Таблица рисков по каждому типу скважин и пути снижения рисков



Risk matrix for each well type with mitigation and production profile

Матрица рисков по каждому типу скважин, пути снижения рисков и динамика добычи



Conclusion

Выводы и заключение

Uncertainty management

- Covering all potential scenarios
- Definition of Value-of-Information (VOI)

Risk management

- Allows testing innovative solutions
- Is pro-active process
- Gives brighter perspective for economically challenged fields (wait and see)

Управление неопределенностью

- Учет всех возможных сценариев
- Определение ценности информации

Управление рисками

- Опробовать инновационные решения
- Упреждающий подход
- Позволяет выработать более радужные перспективы для малорентабельных и спорных месторождений (выжидательная позиция)

Спасибо за внимание!

Success of operators

Criteria	Company																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Numerical analysis	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
DCF analysis	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
Holistic view	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
Monte Carlo	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red	
Risk/uncertainty				Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red	
Portfolio theory					Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	
Options theory										Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	
Preference/utility											Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	
Qualitative/quantitative																	Green	Green	