

SPE Distinguished Lecturer Program

Программа выдающиеся лекторы



The SPE Distinguished Lecturer Program is funded principally through a grant from the **SPE Foundation**.

The society gratefully acknowledges the companies that support this program by allowing their professionals to participate as lecturers.

Special thanks to the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers (AIME) for its contribution to the program.

Society of Petroleum Engineers
Distinguished Lecturer Program
www.spe.org/dl

Программа выдающиеся лекторы SPE спонсируется главным образом через грант Фонда SPE.

Общество благодарит компании, которые оказывают поддержку программе, направляя своих специалистов для участия в ней в качестве лекторов.

Особая благодарность Американскому институту горной, металлургической и нефтяной промышленности (AIME) за вклад в развитие программы



Mature Fields : Keep Revisiting the Fundamentals

Месторождения на поздней стадии разработки: Постоянный пересмотр основ

Dr. Neil Williams

Доктор Нейл Уильямс

Oil Search Limited



Society of Petroleum Engineers
Distinguished Lecturer Program
www.spe.org/dl

Introduction - Введение

This is the story of a field most people thought was in terminal decline:-

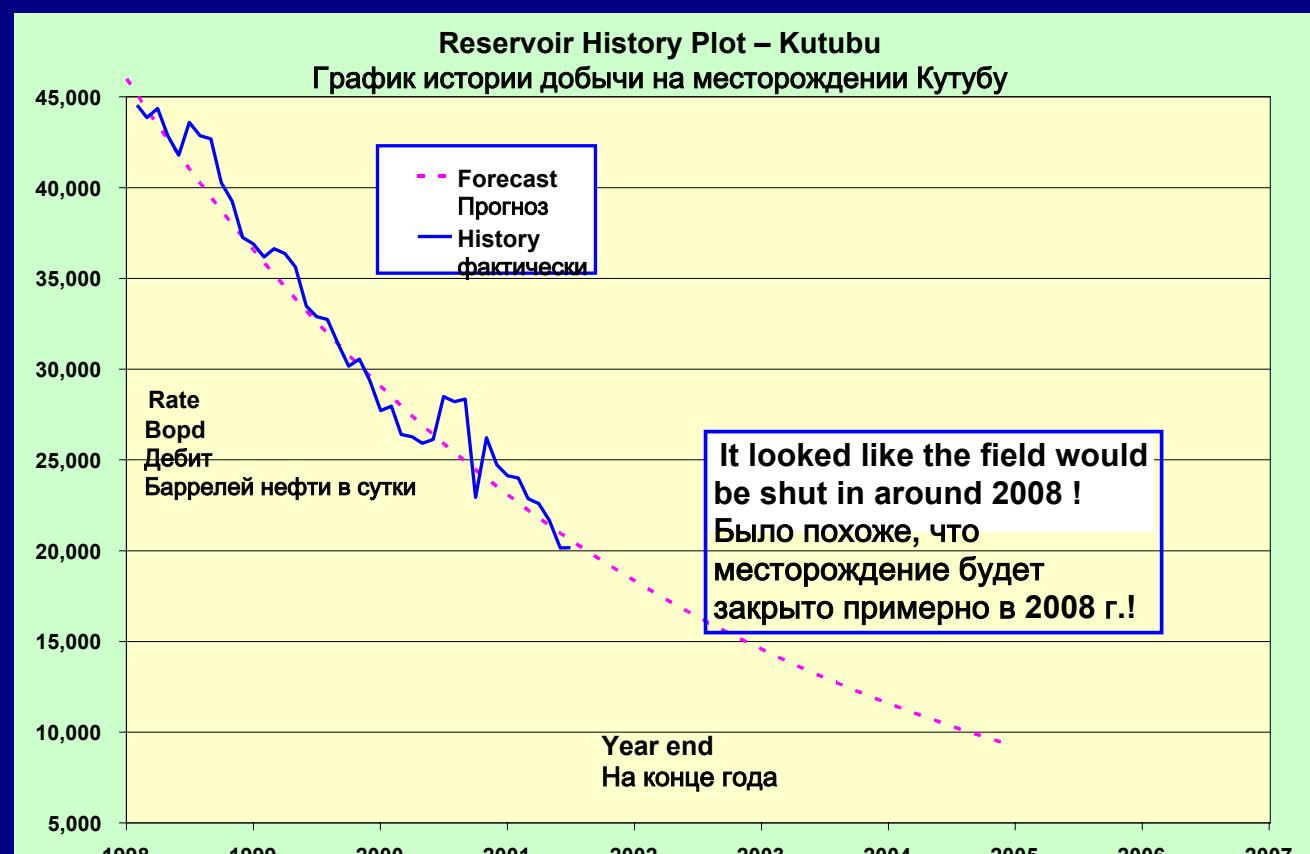
- Drilling had ceased
- Rapid production decline
- Some partners had sold out
- Shut in looking not far off

Это рассказ о месторождении, которое по мнению большинства людей находилось на последней стадии истощения:-

- Бурение приостановлено
- Быстрое снижение добычи
- Некоторые партнеры вышли из дела
- Закрытие месторождения было не за горами

In 2001
things were
looking grim !

В 2001 г.
ситуация
казалась
мрачной!

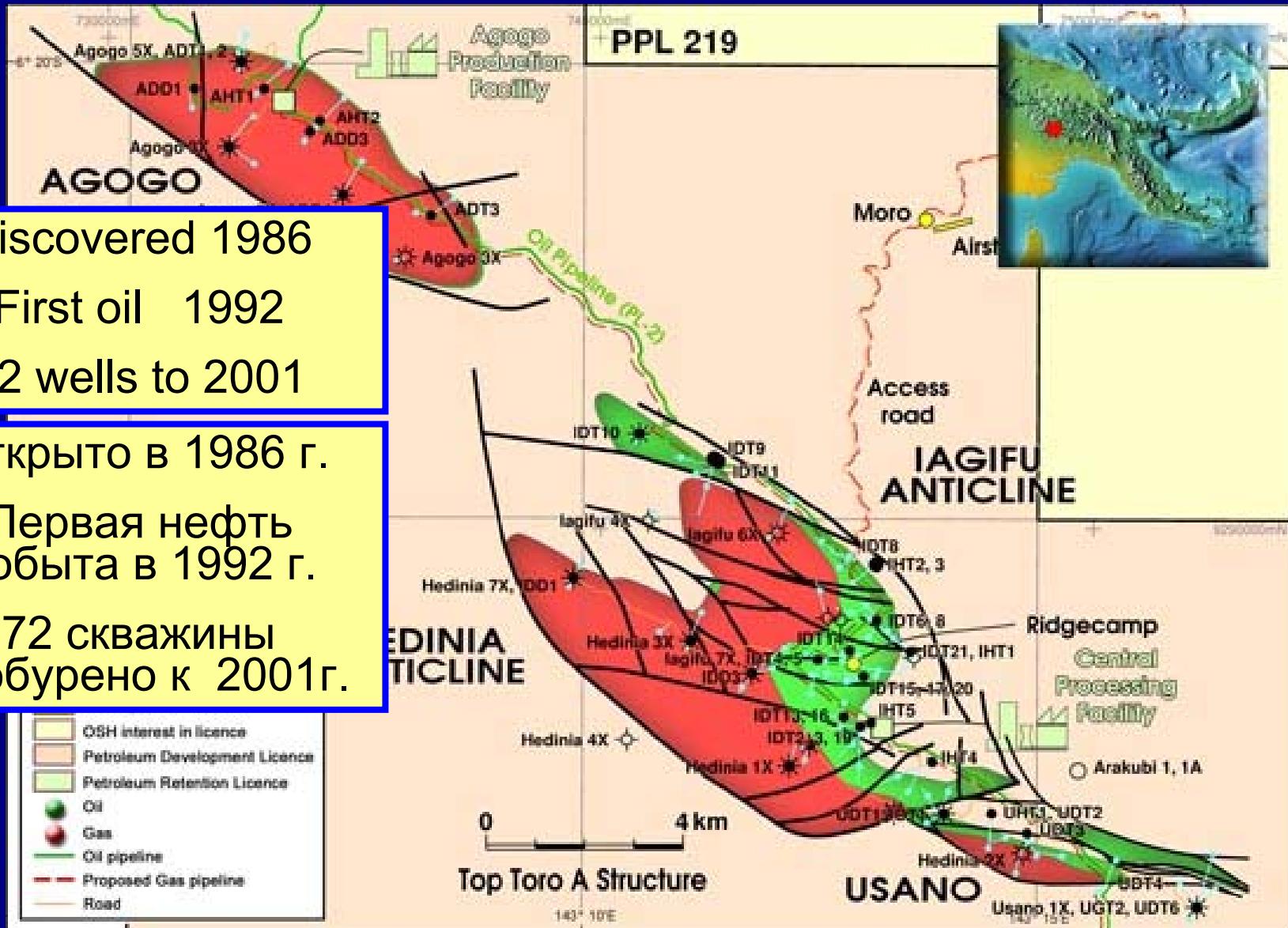
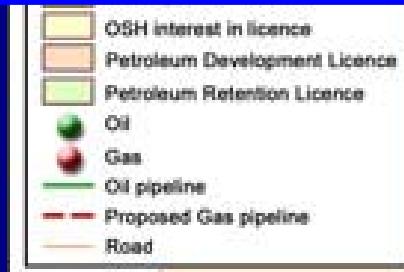


Greater Kutubu Area – Toro A

Большая площадь Кутубу – Торо А

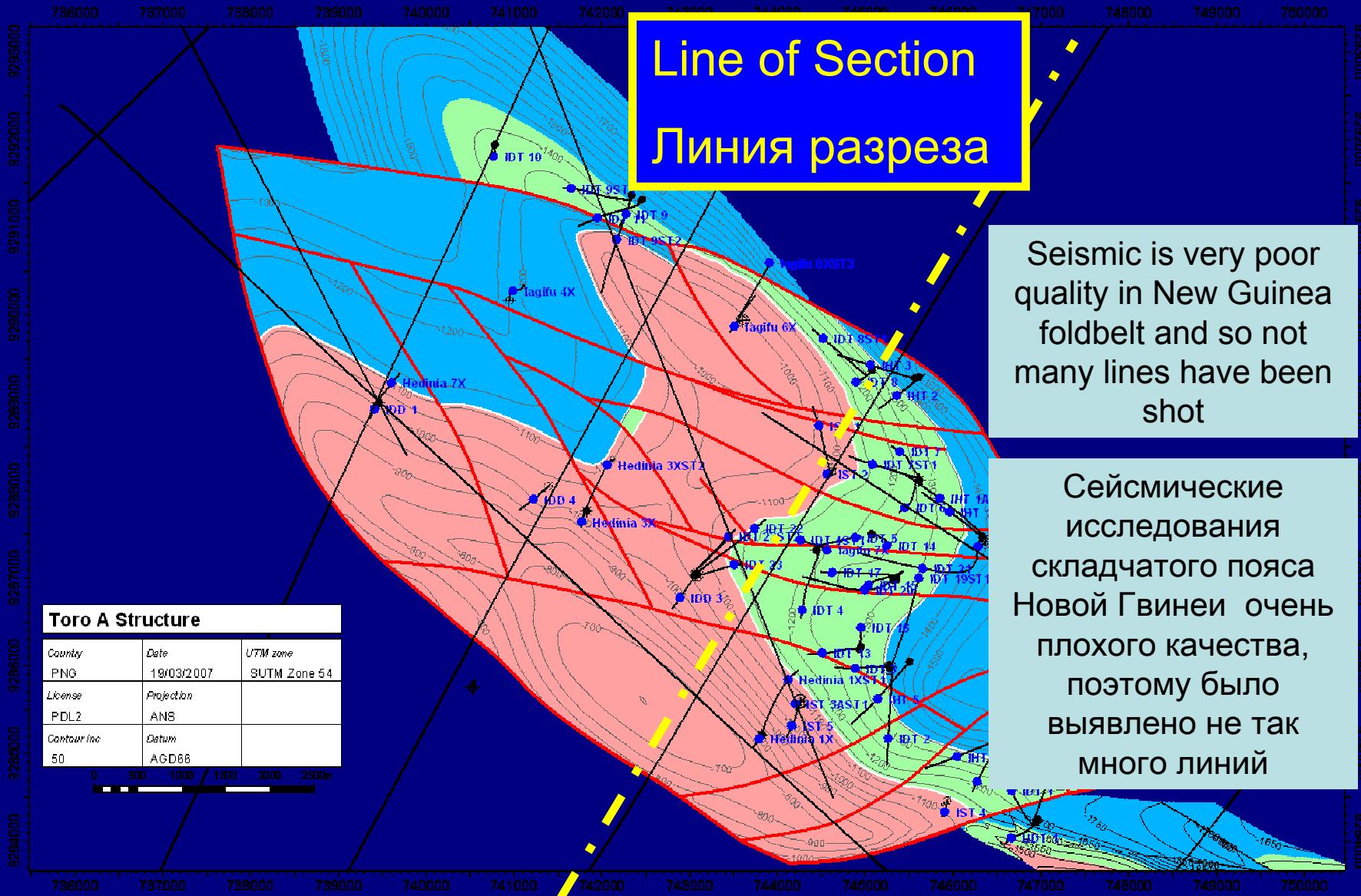
Discovered 1986
First oil 1992
72 wells to 2001

Открыто в 1986 г.
Первая нефть
добыта в 1992 г.
72 скважины
пробурено к 2001 г.



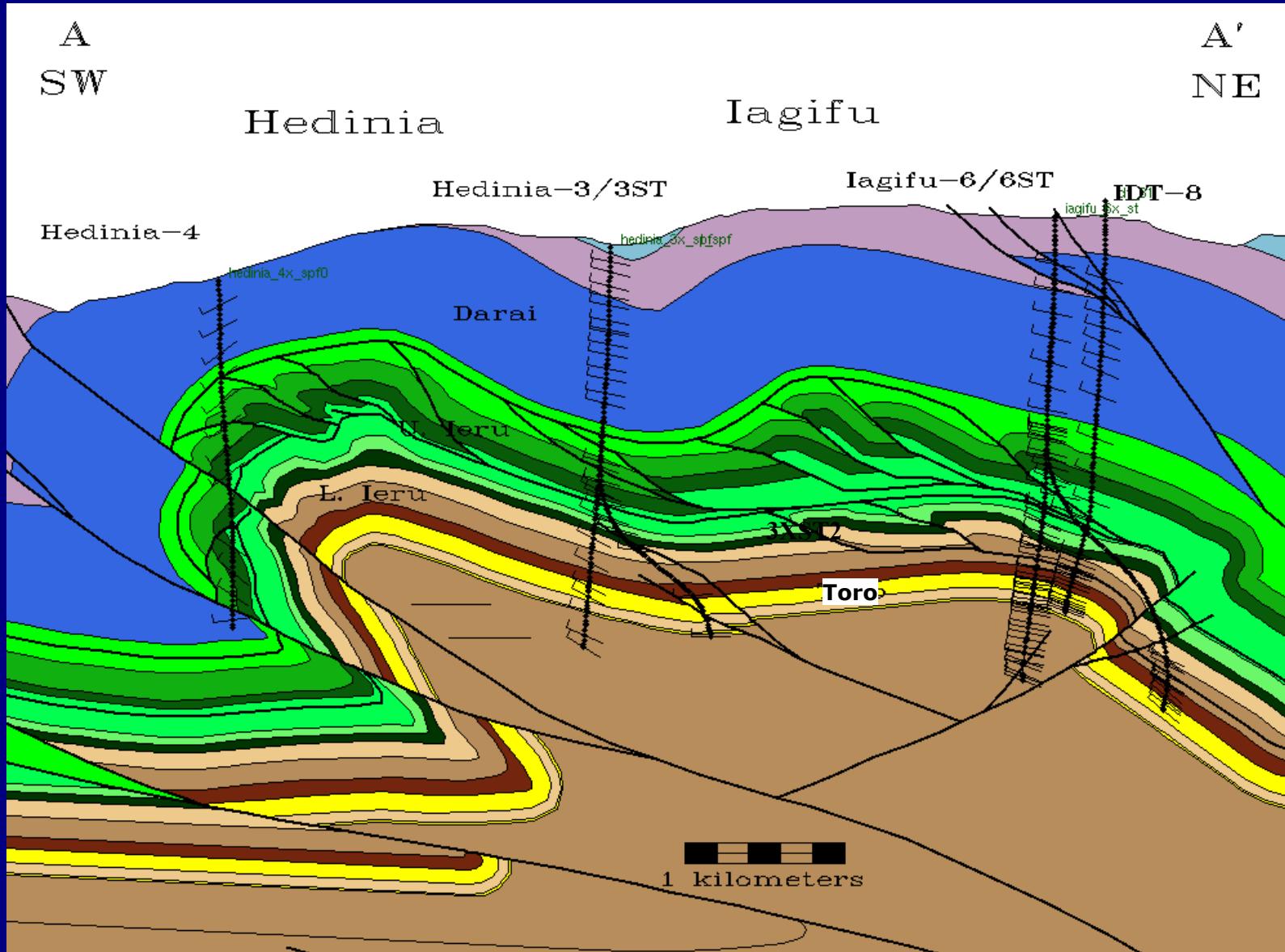
Iagifu Hedinia – Toro A Structure

Иагифу Хединия – Структура Торо А



Crestal Cross Section

Поперечный разрез свода



Kutubu Vital Statistics

Особо важные статистические данные по месторождению Кутубу

- Papua New Guinea's largest oil field
- Крупнейшее нефтяное месторождение Папуа-Новой Гвинеи

• Main sands	Toro A,B,C	• Основные пласти	Торо А,В,С
• STOOIP	about 600 MMstb	• БЗТН	около 600 млн.баррелей нефти
• EUR	about 350 MMstb	• Оценка конечной	около 350 млн.баррелей нефти
• Peak oil rate	130,000 stb/d	• Пик добычи нефти	130,000 норм.бар.нефти/сут
• Gascap	about 1.2 TCF OGIP	• Газовая шапка	около 1.2 TCF OGIP
• Permeability	400 md	• Проницаемость	400 md
• Porosity	13%	• Пористость	13%
• Viscosity	0.3 cP	• Вязкость	0.3 cP

Gas Drive or Water Drive ?

Газонапорный режим или водонапорный?

- Large gascap
- Gascap expansion throughout field life
- Wells gas out, rather than water out
- The highest wells, those nearest the gascap, *should* gas out first.....
- Hence placed wells downdip near OOWC
- Very little water production

- Крупная газовая шапка
- Расширение газовой шапки на протяжении всего срока эксплуатации месторождения
- В скважинах чаще наблюдается прорыв газа, нежели воды
- В самых высоких скважинах, располагающихся около газовой шапки, газ *должен* прорываться в первую очередь
- В результате этого скважины были расположены по падению пласта около ВНК (OOWC)
- Крайне низкая обводненность

Gas Drive or Water Drive ?

Газонапорный режим или водонапорный?

Melbourne SPE Conference
1994:-

- 3 papers on Papua New Guinea development
- 1 paper on aquifer hydrodynamics
- Emphatic conclusion that region dominated by powerful aquifer flows

Конференция SPE в Мельбурне 1994 г.:-

- 3 статьи посвящены освоению Папуа - Новой Гвинеи
- 1 статья посвящена гидромеханике водоносной зоны
- Эмфатическое заключение о том, что в районе доминируют мощные водные потоки

Evidence for the Strong Aquifer

Указание на присутствие активной законтурной области

- Strong aquifer should cause a tilted contact
- Some variation in OWC depth across field
- Some pressure anomalies
- Some water found in a well nearest the centre of the field
- It looked like all the oil had been swept to the east and SE side of the field

- Активная законтурная область должна вызывать наклонный контакт фаз
- По месторождению отмечаются некоторые изменения глубины ВНК
- Наблюдаются некоторые аномалии давления
- В скважине, располагающейся наиболее близко к центру месторождения, обнаруживается вода
- Было похоже, что вся нефть переместилась в восточную и юго-восточную часть месторождения

Conclusion

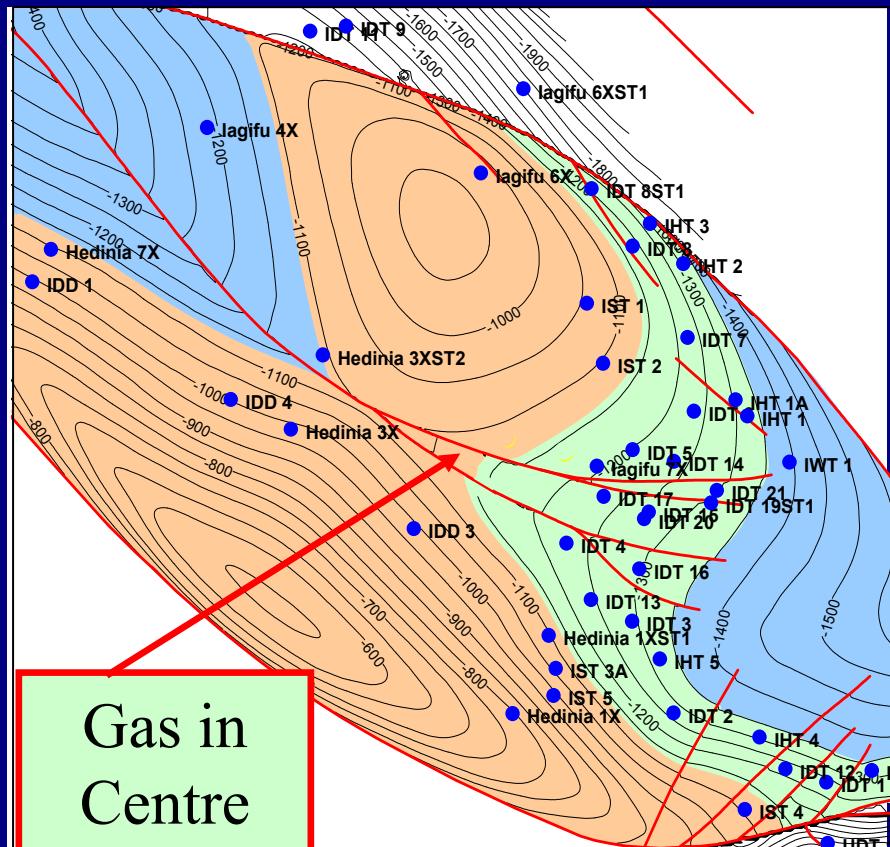
A large part of the field, the centre, was considered to have been water swept and was therefore not a drilling target !!

Вывод

Считалось, что крупный участок месторождения, его центр был охвачен водой, поэтому он не рассматривался как объект бурения!!

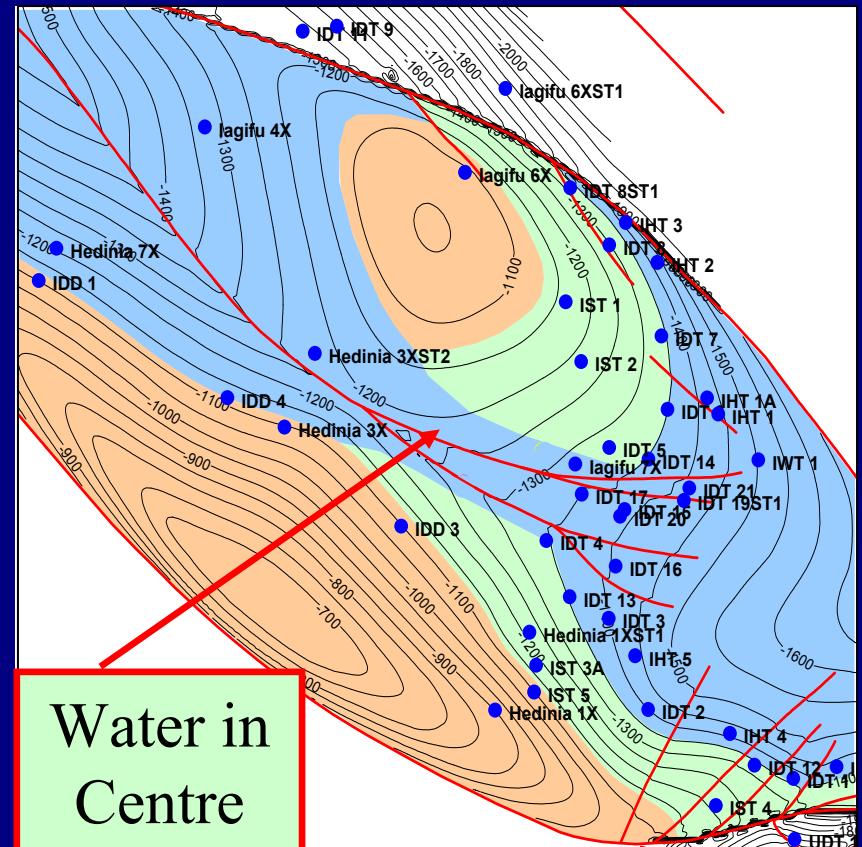
The Feared Central Water Channel

Такой пугающий центральный водяной канал



Gas in
Centre
Газ в
центре

Top
Кровля пласта



Water in
Centre
Вода в
центре

Base
Подошва

The Beginning of the Rethink

Начало переосмысления

- A full petrophysical review – Полный петрофизический обзор
- A full facies study – Полное исследование фаций
- All the above fed into simulation – Все вышеперечисленные данные введены в модель
- New simulation built – Построена новая модель
- A seismic review – Обзор сейсмических данных

Rethink – continued

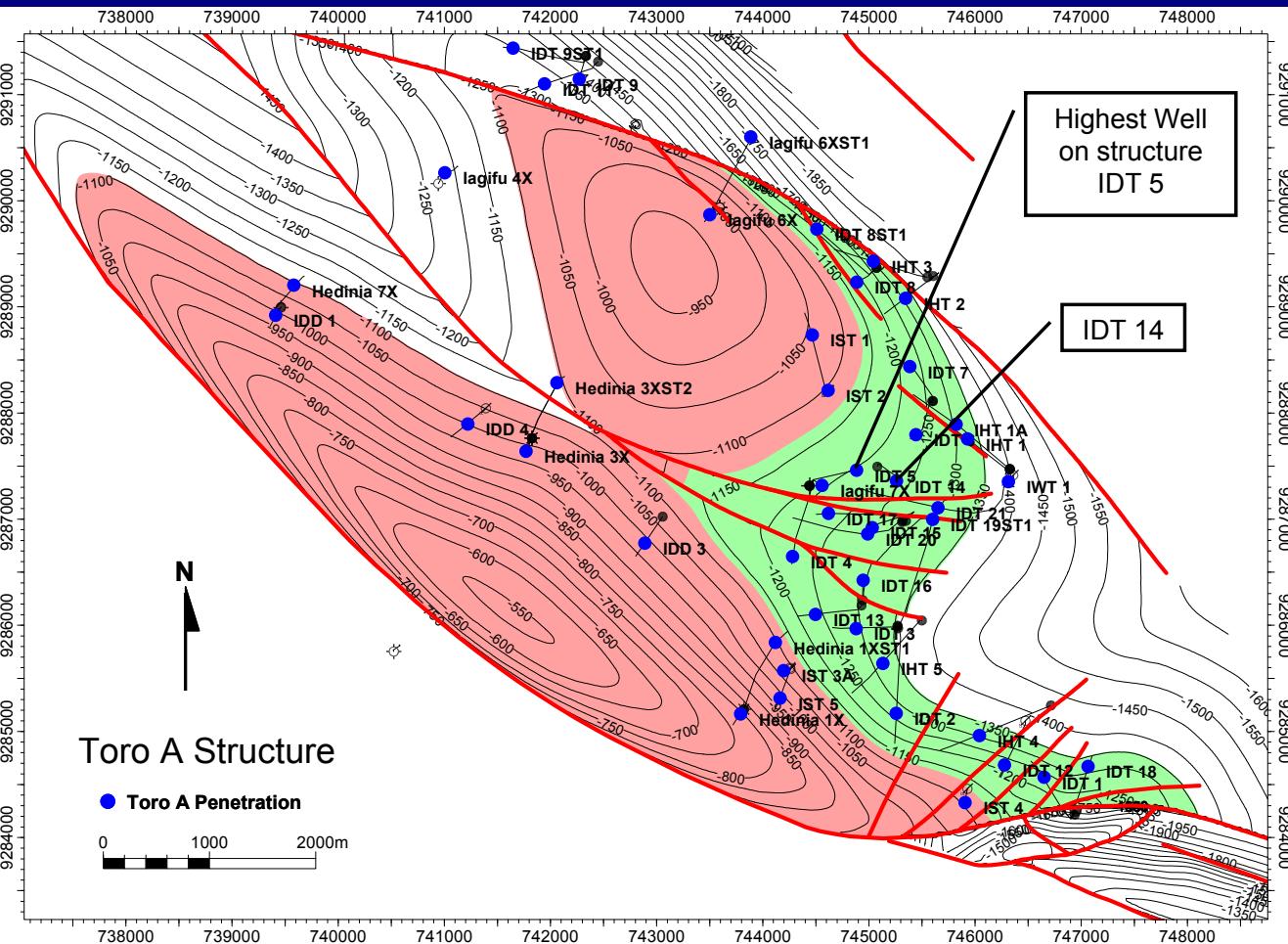
Продолжение переосмысления

- A full RFT review:-
 - All the original data was on the one straight line
 - All the post production data was not
 - Huge amount of detail in the post production RFT data revealing subdivisions within sands
 - This data had not been interpreted
 - Ultimately changed our completion philosophy, leading to more zone splitting
- Полный обзор данных полученных в результате применения опробователя пластов многократного действия (RFT):-
 - Все исходные данные находились на одной прямой линии
 - А все данные, полученные после добычи - нет
 - Огромное число элементов в данных RFT, полученных после добычи, выявили наличие секций в песчаниках
 - Эти данные не интерпретировались
 - В конечном итоге поменялась концепция заканчивания, что привело к большему расщеплению зон

Well Performance Review

Обзор технологических показателей скважин

- This is a gas drive system
 - However the highest well on the structure had not gassed out
 - Instead it was the best well in the field



- Система газонапорного режима
 - Однако, прорыва газа в самой высокой скважине структуры не наблюдалось
 - Зато это была самая лучшая скважина месторождения

Alternative Theories to the Dynamic Aquifer Model

Альтернативные теории модели динамической зонной области

Compartmentalisation

Разбивка на блоки

Measurement uncertainties

Погрешности измерения

Permeability variations

Изменения проницаемости

Unlikely in
this case

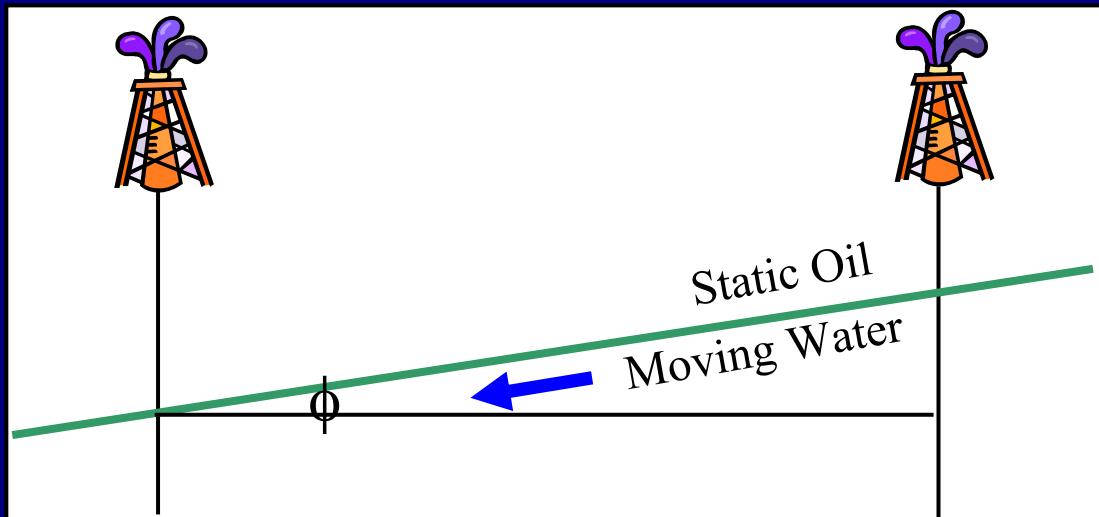
Нежелательны в
данном
случае

Compartmentalisation ?? Разбивка на блоки??

- Compartment behaviour had been observed in the other New Guinea Highlands oil fields
- This applies to Moran and Gobe fields – no dynamic aquifer needed to explain their performance
- Did we really want a different theory for Kutubu ? Was it a *special case* ?
- Блочное строение наблюдается и на других нефтяных месторождениях в области высокогорья Новой Гвинеи
- Это применимо к месторождениям Моран и Гобэ – для объяснения их эксплуатационных характеристик динамическая законтурная область не нужна
- Действительно ли нам нужна другая теория для Кутубу? Можно ли считать это месторождение *отдельным случаем*?

Competing Theories

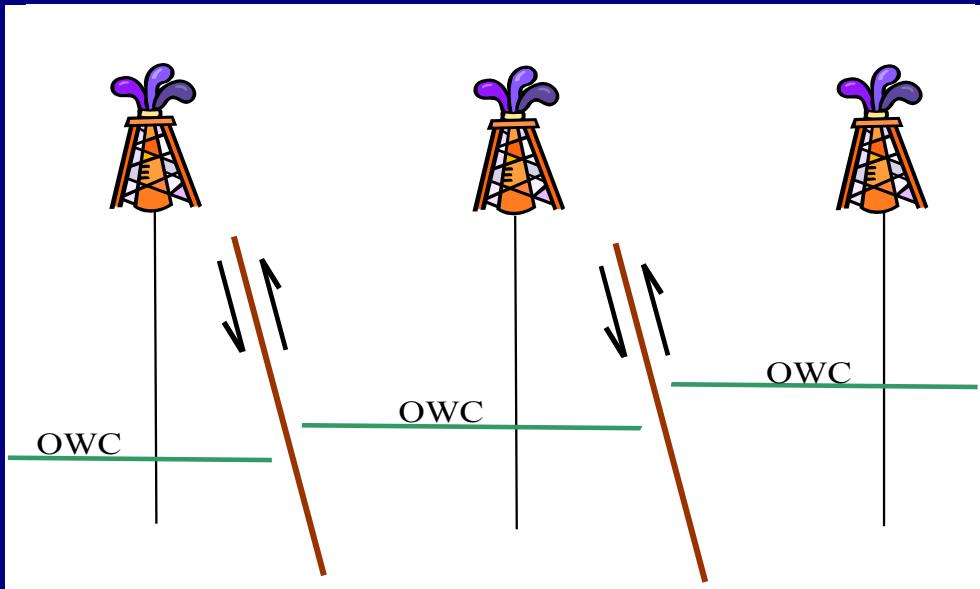
Конкурирующие теории



Strong aquifer with tilted contact

Активная
законтурная область
с наклонным
контактом фаз

Compartmentalised System
Система блочного строения



Reasons against Tilted Contact

Аргументы против наклонного контакта фаз

- Compartment behaviour obvious in nearby fields Moran and Gobe
- Worried about having a different theory for Kutubu
- Some parts of Kutubu obviously compartmentalised so why not all ?
- Seismic data and well performance suggested potential compartmentalising faults exist
- Блочное строение явно прослеживается на близлежащих месторождениях Моран и Гобэ
- Беспокоила вероятность существования другой теории для месторождения Кутубу
- Некоторые участки месторождения Кутубу явно разбиты на блоки, но почему не все?
- Сейсмические данные и технологические показатели скважины предполагали существование разломов потенциально разбивающих на блоки

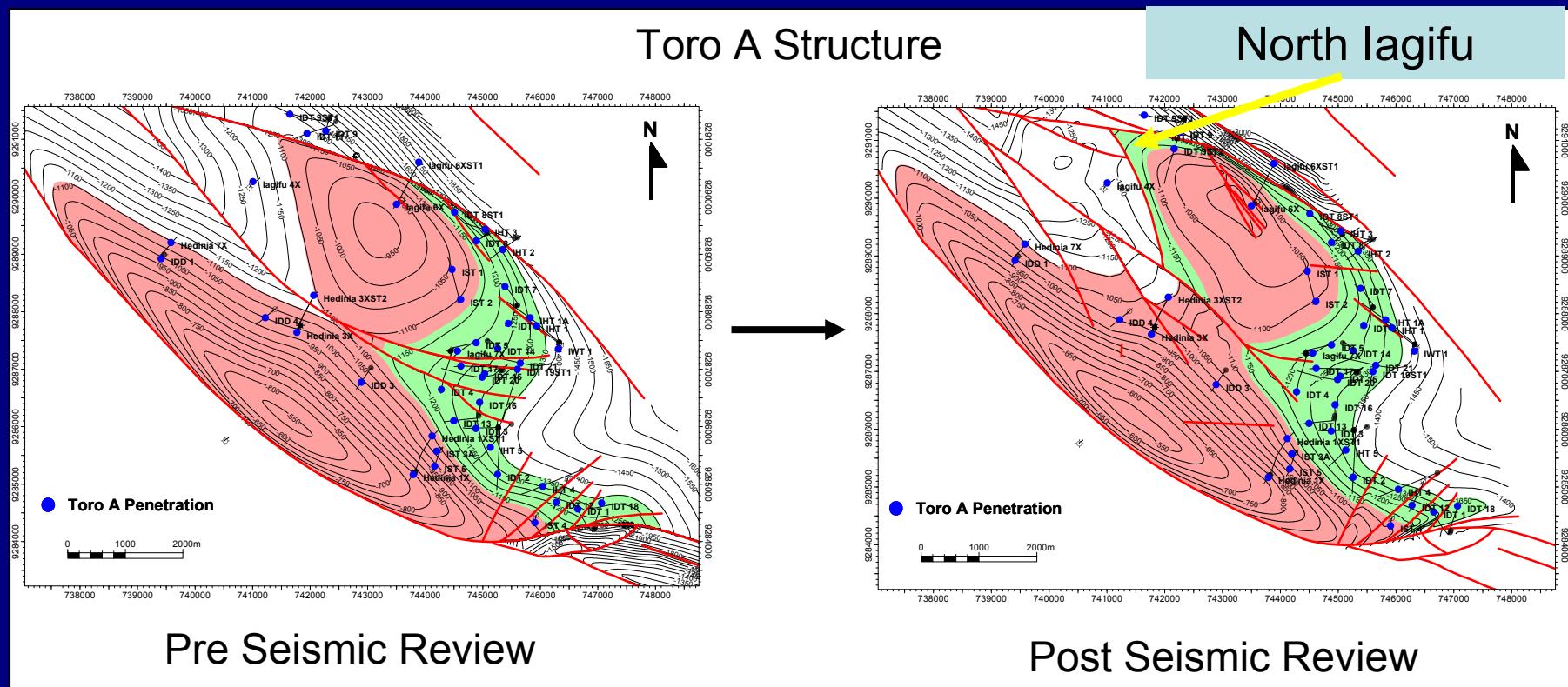
Reasons against Tilted Contact

Аргументы против наклонного контакта фаз

- Intriguing anomalous performance of well IDT5
 - Highest well on structure
 - Would be expected to gas out first
 - Instead it's best well in field !!
 - Second best well was nearby
- No water production in centre of field near where dynamic aquifer might be
- Simulation suggested oil in the centre of the field
- Любопытное аномальное поведение скважины IDT5
 - Самая высокая скважина структуры
 - Ожидалось что это будет первая скважина, в которой произойдет прорыв газа
 - Вместо этого она стала лучшей скважиной месторождения!!
 - Рядом располагалась вторая лучшая скважина
- Отсутствие отбора воды в центральной части месторождения около зоны, где вероятней всего находилась динамичная законтурная область
- Модель предполагала наличие нефти в центральной части месторождения

Seismic Review – Identifying Compartments

Обзор сейсмических данных – выявление отдельных блоков



A review of available seismic data pointed to the fact that significant, potentially compartmentalising, faults exist that had not been previously recognised

It soon became apparent that the North lagifu region was unappraised and may contain significant volumes of unaccessed oil

Обзор имеющихся сейсмических данных указывал на факт существования значительных, потенциально расчленяющих разломов, которые до этого не определялись

Вскоре стало очевидно, что район Северного Иагифу не получил соответствующую оценку и вероятно содержал существенные объемы ранее недоступной нефти

The First Appraisal Well – IDT 9ST2

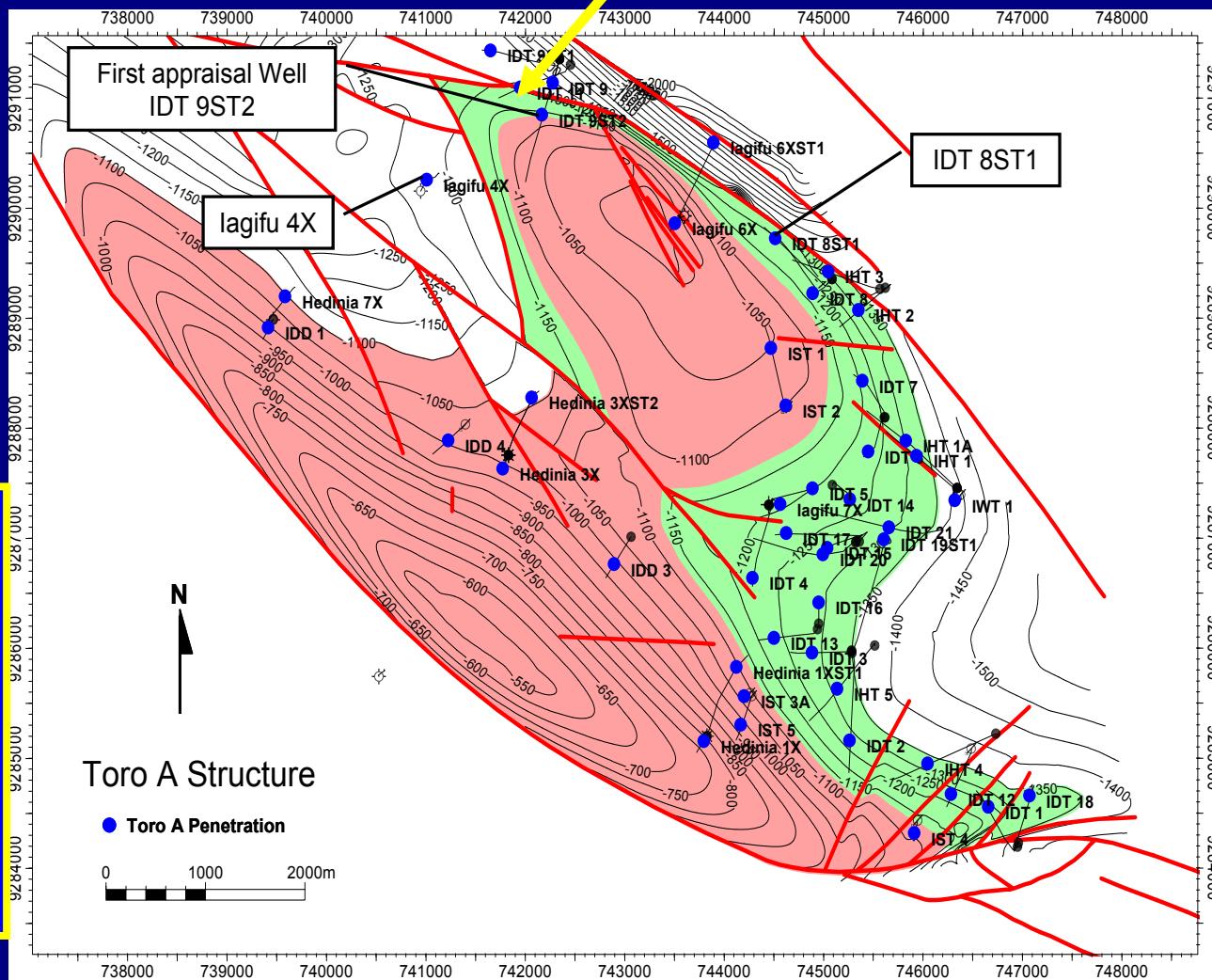
Первая оценочная скважина – IDT 9ST2

Drilled IDT-9ST2 in North lagifu region

- Found water in the Toro !
 - **BUT**.....
 - Unusually high water confirmed compartment theory !
 - However also discovered a deeper reservoir

Скважина IDT-9ST2 пробурена в районе Северного Иагифу

- В Торо обнаружена вода!
 - HO
 - Чрезмерно высокий
уровень воды подтвердил
теорию разбивки на блоки!
 - Тем не менее был открыт
более глубокий пласт

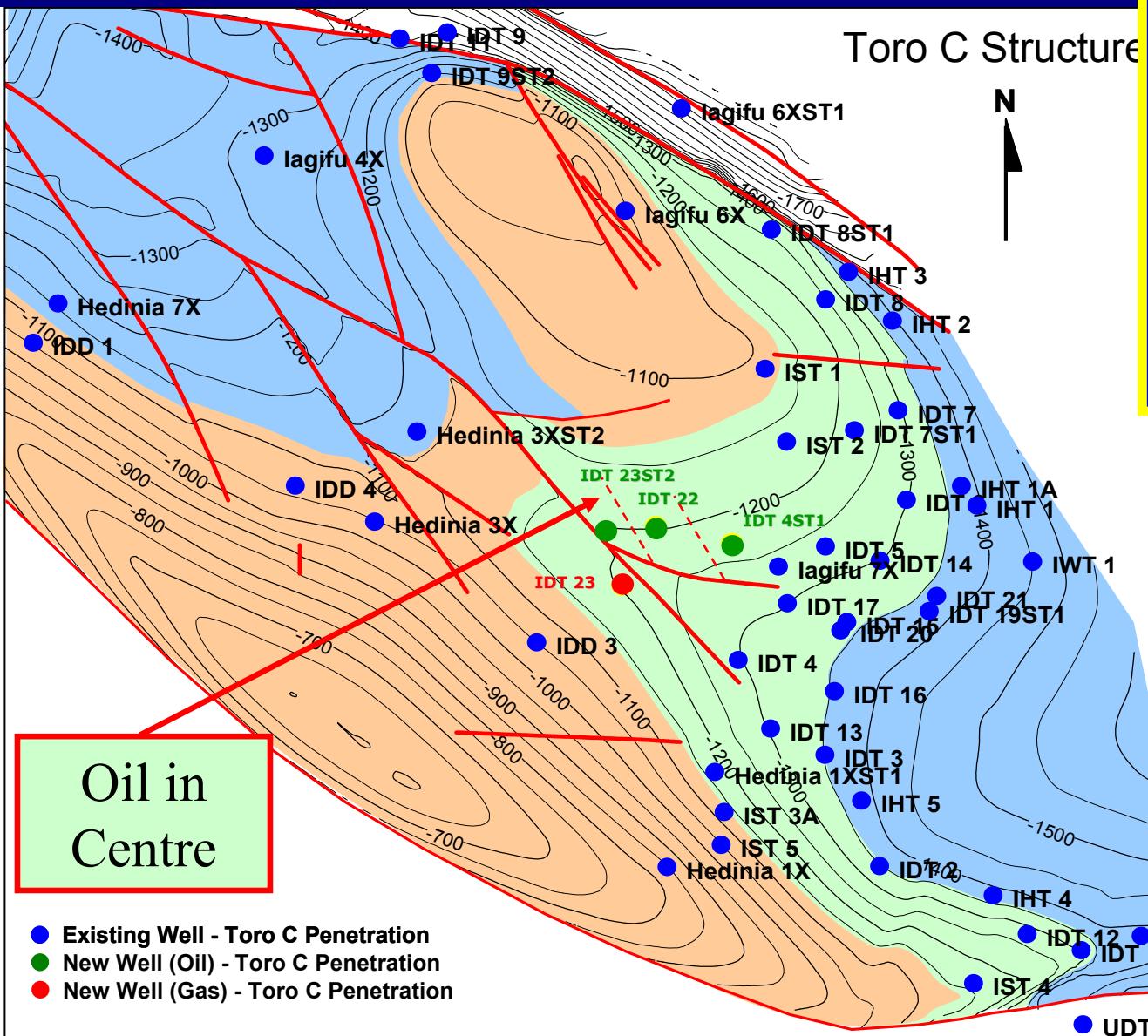


Action - Мероприятия

- It was decided to drill updip of the highest well in a mature gascap drive field !!!
- Было принято решение бурить вверх по восстанию пласта от самой высокой скважины на зрелом месторождении, эксплуатируемого в режиме газовой шапки!!!
- Drilled 4 up-dip deviated wells into the central “water-prone” region :-
 - Drilled IDT-4ST1
 - Found oil in Toro A, B, C - no water
 - Drilled IDT-22
 - Found more oil - no water
 - Drilled IDT-23
 - Gas swept, no water
 - Drilled IDT-23ST2
 - Found more oil, some trapped or “perched” water
- В центральной части района «склонного к водопроявлению» пробурено 4 скважины по восстанию пласта с отходом от вертикали :-
 - Пробурена IDT-4ST1
 - Нефть обнаружена на участках Торо А, В, С, воды нет
 - Пробурена IDT-22
 - Обнаружено больше нефти, воды нет
 - Пробурена IDT-23
 - Вытеснение газа, воды нет
 - Пробурена IDT-23ST2
 - Обнаружено больше нефти, небольшое количество захваченной или «висячей» воды

New Top Toro C Structure

Новая структурная кровля Торо С



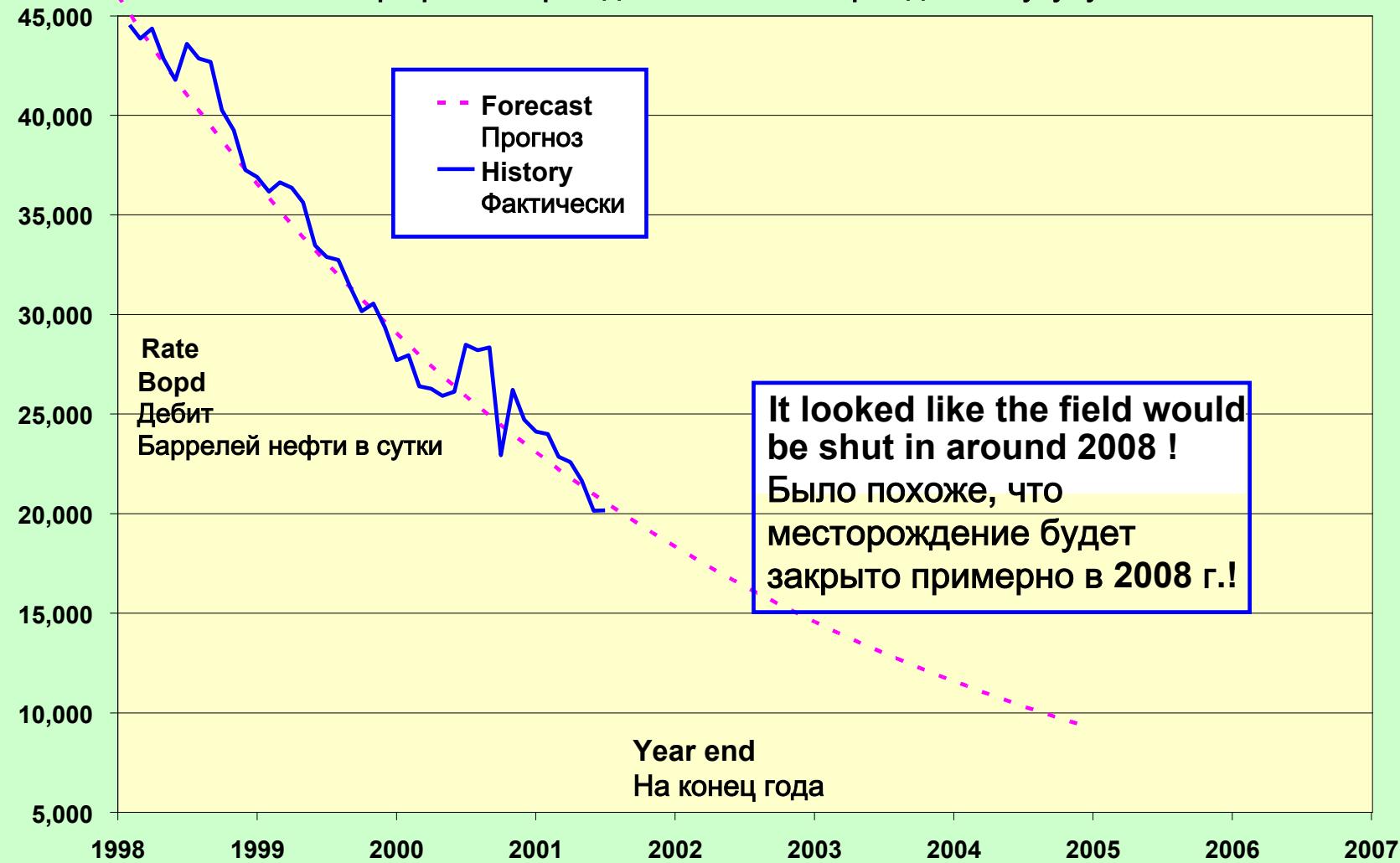
- All 4 central wells were found to be in separate compartments !!!*
- The central oil pool extension had been supporting the structurally high wells which had not gassed out as early as expected

- Было обнаружено, что все 4 центральные скважины располагаются на отдельных блоках!!!*
- Расширение центральной залежи нефти поддерживало структурно высокие скважины, прорыв газа в которых произошел позднее, чем было запланировано

In 2001 things were looking grim....

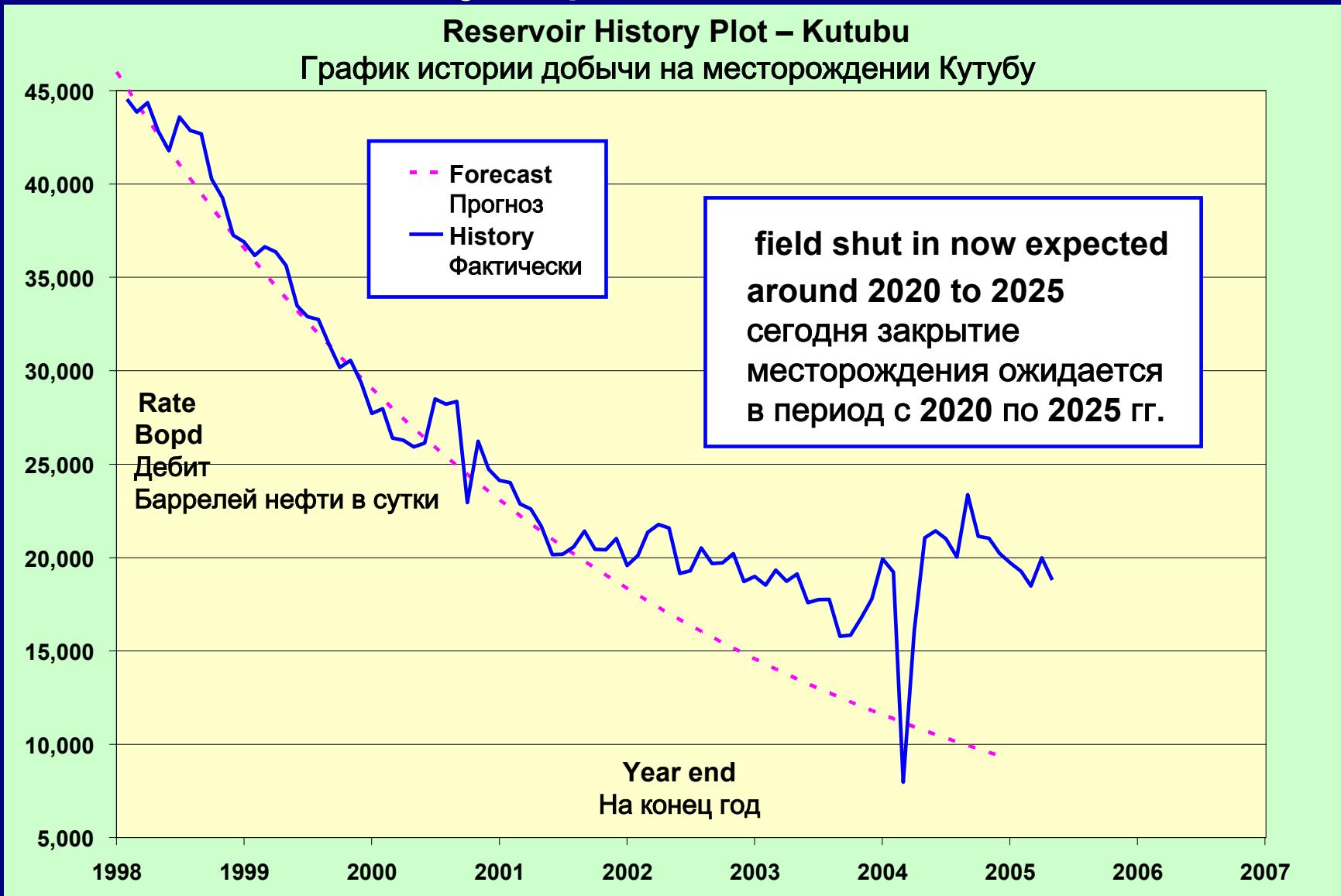
В 2001 г. ситуация выглядела мрачно

Reservoir History Plot – Kutubu
График истории добычи на месторождении Кутубу



By 2006 things were looking good

К 2006 г. ситуация казалась неплохой



Other Actions - Прочие работы

- Resurrection of old wells shut in and forgotten
 - Do not forget “watered out wells”
- Workovers
 - Often a low cost, high return activity
- Wireline
 - Keep checking all zones
 - Imbalance of reinjection can create opportunities
- Development of undeveloped zones
 - You need to break the ice.....
- Восстановление старых скважин, закрытых и забытых
 - Не забывать об “обводненных скважинах”
- Капитальный ремонт
 - Часто низко затратное, высокодоходное мероприятие
- Каротаж
 - Продолжать проверку всех зон
 - Дисбаланс работ по обратной закачке может создать новые возможности
- Разработка неосвоенных зон
 - Вам необходимо сломать лед.....

Highlights

- At the end of the round of drilling discussed above Kutubu production levels had recovered to 24,000 bopd, the highest capacity since late 2001 / early 2002
- Have added over 10,000 bopd of capacity
- Have added 10 to 20 MMstb reserves

Lowlights

- The severe tectonic stresses which create the compartments also cause occasional collapsed casing
- Need to keep doing things else field goes back onto decline

Ключевые моменты

- К концу программы бурения, которая рассматривалась ранее уровни добычи на месторождении Кутубу достигли 24,000 баррелей нефти в сутки, самая высокая производительность с конца 2001 / начала 2002 гг.
 - Прирост производительности составил свыше 10,000 баррелей нефти в сутки
 - Прирост запасов составил от 10 до 20 миллионов баррелей нефти, приведенной к нормальным условиям

Слабые места

- Сильные тектонические напряжения, разбившие пласт на блоки, также вызвали случайное смятие обсадной колонны
- Необходимо продолжать выполнение работ иначе добыча на месторождении снова упадет

Conclusions - Выводы

- Beware of “dynamic aquifers” & tilted contacts
 - Step back from the detail and look at the regional issues occasionally
 - Performance of “outlier” wells is often an omen
 - Keep going back to basics:-
 - Are all zones perforated ?
 - Wells change, even “dead” wells
 - Keep testing old wells
 - Simulation
 - If it tells you there has to be more oil there, that's good
 - If it can't see more oil maybe there's a new compartment, which is even better
 - Keep revisiting the fundamentals !!
- Остерегайтесь “динамичных законтурных областей” и наклонного контакта фаз
 - Отступите от деталей и иногда обращайтесь к региональным проблемам
 - Технологические показатели “обособленных” скважин часто служат предзнаменованием
 - Продолжайте возвращаться к основам:-
 - Все ли зоны перфорированы?
 - Скважины меняются, даже “мертвые” скважины
 - Продолжайте проводить испытания старых скважин
 - Моделирование
 - Если она говорит Вам, что здесь должно быть больше нефти – это хорошо
 - Если модель не видит нефти, вероятно существует новый блок, что еще лучше
 - Продолжайте пересматривать основные факты!!

A Final Note

Заключительное примечание

- Interesting to note that IDT 23ST2, our newest well, the highest well on structure, is the only well still producing at solution GOR...
- Many appraisal opportunities remain in Kutubu
- Интересно отметить, что IDT 23ST2 наша самая последняя скважина и самая высокая скважина структуры является единственной скважиной, где добыча до сих пор ведется в условиях газосодержания пластовой нефти...
- На месторождении Кутубу остается много возможностей для проведения дополнительной разведки

**This presentation was based
on**

**SPE paper 101123
“Kutubu - A Rethink”
which was presented at the
Adelaide SPE
Conference
September 2006
by
Neil Williams & David
Lund
Oil Search Limited**

**Данная презентация
подготовлена на основе**

**Статьи SPE 101123
“Кутубу-
Переосмысление”,
представленной на
Конференции SPE в
Аделаиде
в сентябре 2006
Нейл Уильямс и
Дэвид Лунд
Oil Search Limited**