

# Подсчет запасов и оценка ресурсов нефти и газа на различных стадиях ГРП и разработки

## Лекция 7 – Вероятностная оценка



**РН-КРАСНОЯРСКНИПИНЕФТЬ**





## ВВЕДЕНИЕ

---

В мировой практике качественное определение и количественная оценка рисков геологоразведочных работ является стандартным отраслевым требованием, без которого нефтяные компании не приступают к исследованию новых перспективных нефтегазовых объектов. Системы управления геологоразведочными работами направлены на выявление основных рисков, геолого-экономическую оценку ресурсов и минимализацию возможного ущерба от рисков в геологоразведке.

В отличие от детерминированных подходов, широко применяемых Российскими компаниями, зарубежные компании в основном используют вероятностную оценку.

Основной целью этих работ является подтверждение экономической эффективности объемов работ по изучению структур, включая бурение поисковой скважины.



## ОТЛИЧИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНОК

### Детерминированный метод

Метод, учитывающий 1 набор исходных данных и позволяющий создать 1 набор результирующих данных.

Каждый параметр задается одним значением, на основании данных по конкретному месторождению-аналогу;

Не учитывается вероятность геологического и экономического успеха;

Предназначена для получения единственного значения дисконтированного дохода;

Не показывает вероятность открытия экономически рентабельного месторождения нефти.

### Вероятностный метод

Метод, учитывающий набор диапазонов исходных данных и позволяющий создать набор диапазонов результирующих данных, с вероятностью получения каждого результата.

Каждый параметр задается распределением на основании статистических данных по региону;

Учитывается вероятность геологического и экономического успеха;

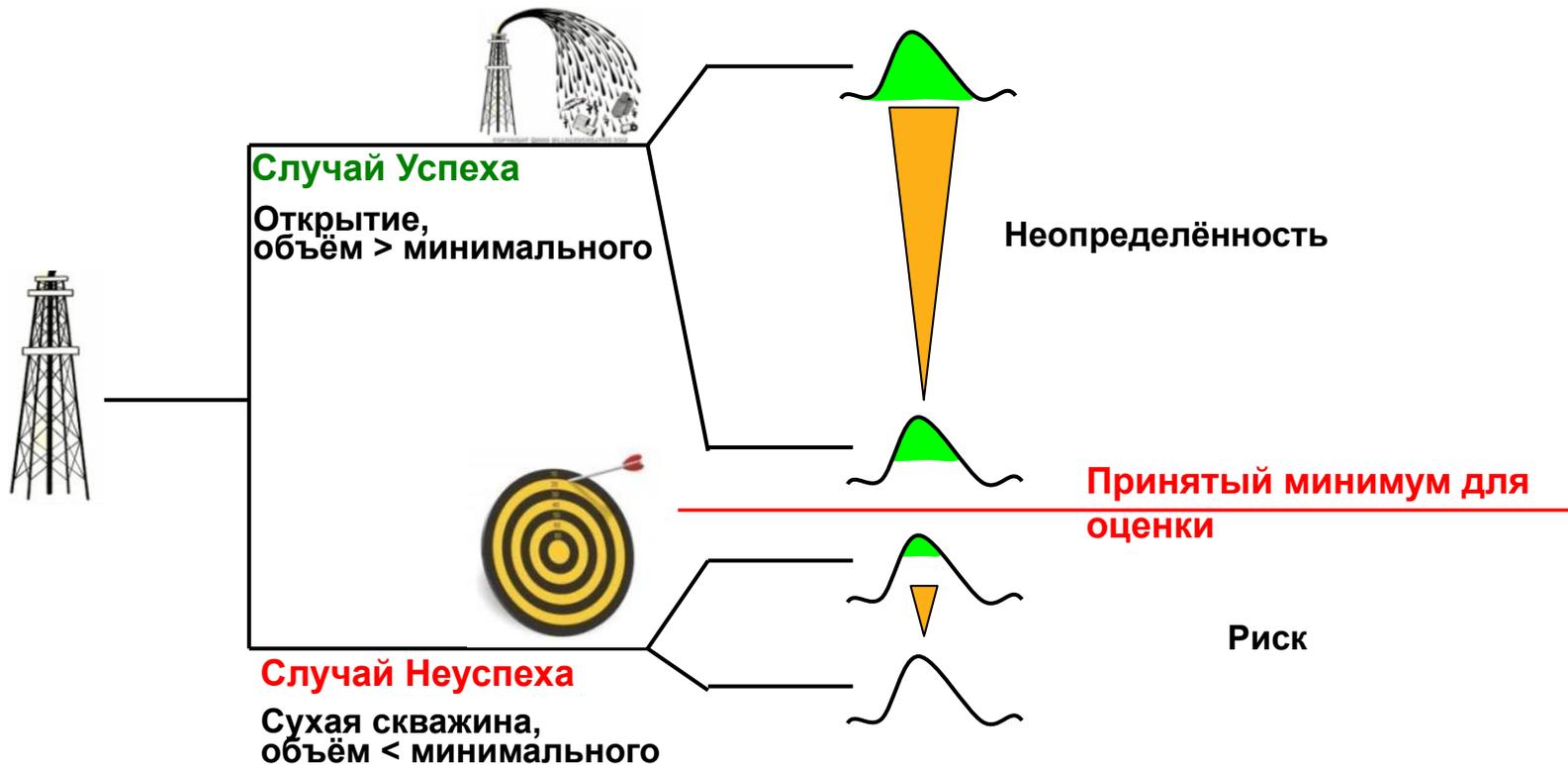
Предназначена для получения распределения величин дисконтированного дохода, показывающего вероятность подтверждения того или иного конкретного значения;

Показывает вероятность открытия экономически рентабельного месторождения нефти.



## ТЕРМИНОЛОГИЯ: «ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ» И «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ»

1. «Геологический риск» (POS – possibility oil system) - вероятность открытия залежи с минимальным объемом углеводородов или с большим объемом. Говоря иначе, это вероятность того, будет объект успешным или нет.
2. «Неопределенность» - диапазон изменения прогнозных запасов, которые могут быть открыты в случае успеха. Диапазон неопределенности описывается вероятностной оценкой.



Как правило успешность бурения скважины оценивается не минимальным объёмом УВ, а минимальными дебитами, достаточными для утверждения прироста запасов и постановки их на баланс: >4 - 5 т/сут. для нефти, > 25 - 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут для газа при опробовании в обсаженном стволе. Для ТРИЗ эти значения ниже.



## РЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА ПОИСКОВОГО ОБЪЕКТА. ДЕТЕРМИНИСТСКАЯ И ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКИ

**Детерминистская оценка** – произведение обоснованных средних значений подсчетных параметров.

$$\text{Извл. запасы} = S * N_{\text{эф}} * K_{\text{п}} * K_{\text{н}} * \rho_{\text{н}} * \theta * \eta$$

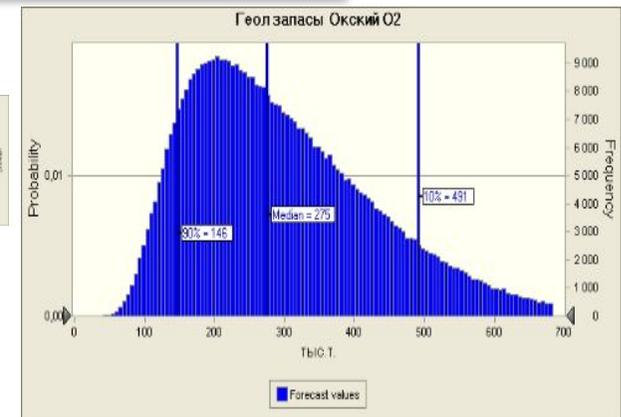
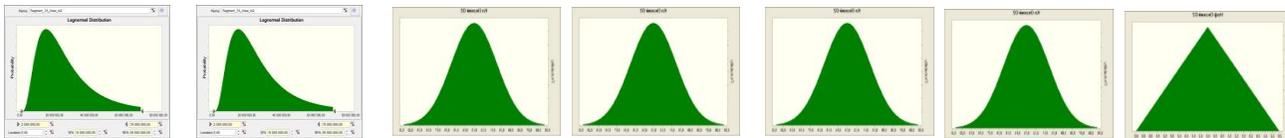
**Вероятностная оценка** – стохастическое моделирование методом Монте-Карло.

Используется та же формула определения запасов, но в качестве входных величин используются статистические распределения подсчетных параметров.

При этом выполняются многочисленные количества перемножений случайных значений параметров, выбранных из их распределений. Т.е. моделирующая программа (ПО Ресурсы, Crystal Ball) за каждую операцию делает произвольную выборку значений из вероятностных распределений точек данных для каждого параметра и подставляет их в заданное уравнение. Такие операции выполняются несколько тысяч раз.

Результат расчетов представляется также в виде распределения прогнозных запасов, где каждой вероятности от 0 до 100% соответствует своя величина запасов.

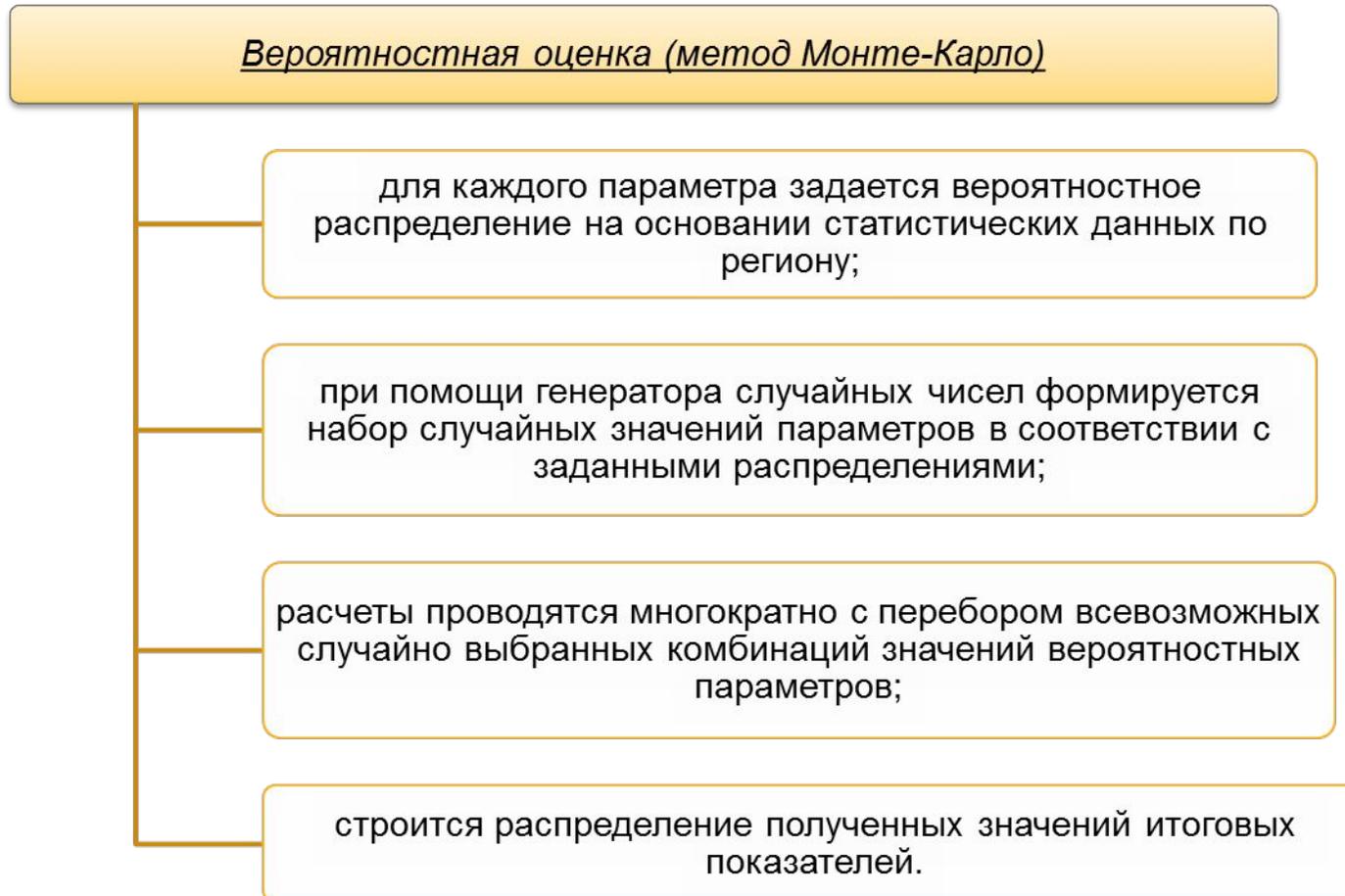
$$S * N_{\text{эф}} * K_{\text{п}} * K_{\text{н}} * \rho_{\text{н}} * \theta * \eta = \text{Извл. запасы}$$





## ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ

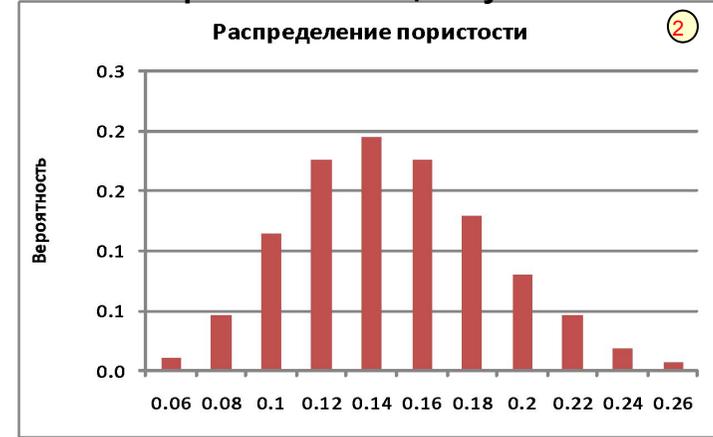
**Метод Монте-Карло** — общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций случайного процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи.





## ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

1. Имея статистический ряд случайных значений какого-либо параметра, можно распределить их по «карманам» – интервалам значений этого параметра. Получаем количество случаев попадания значений параметра в каждый интервал (от 0.04 до 0.06 – 3, от 0.06 до 0.08 – 12 и т.д.)
2. Для получения вероятности для каждого «кармана» находим долю значений карманов от общей суммы значений.



3. Накопленная вероятность (интегральная частота) получена суммированием вероятностей по всем карманам - от меньшего к большему.
4. Обратная накопленная вероятность получена суммированием в обратном направлении – от большего к меньшему.

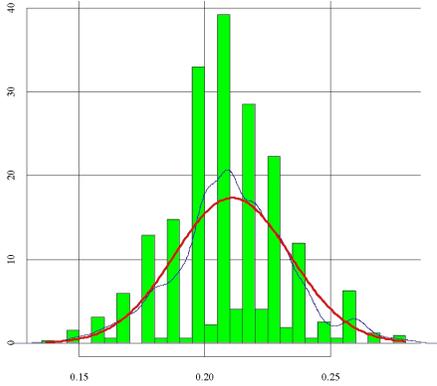




# СТАТИСТИКА

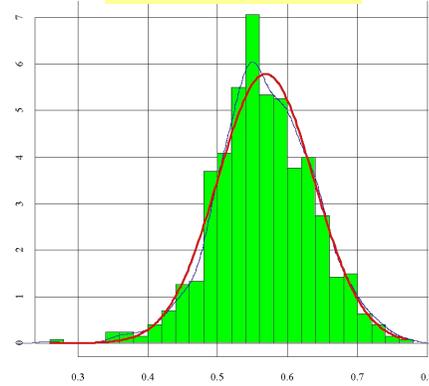
Статистическая обработка данных является основой вероятностной оценки.

### Пористость



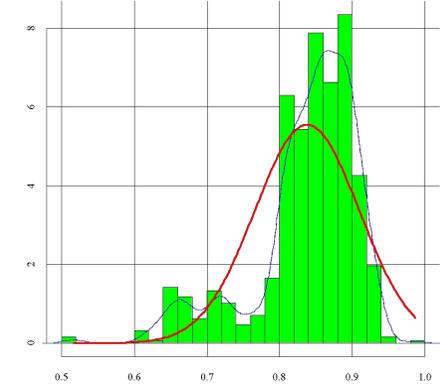
Среднее значение	0,211
Стандартное отклонение	0,023

### Нефтенасыщенность



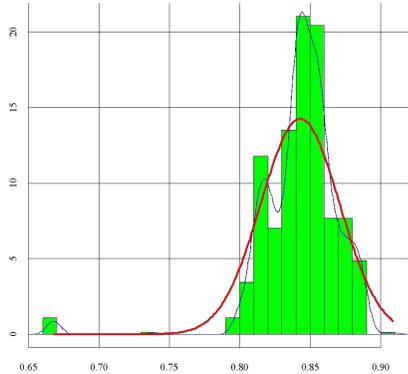
Среднее значение	0,569
Стандартное отклонение	0,069

### Пересчетный коэффициент



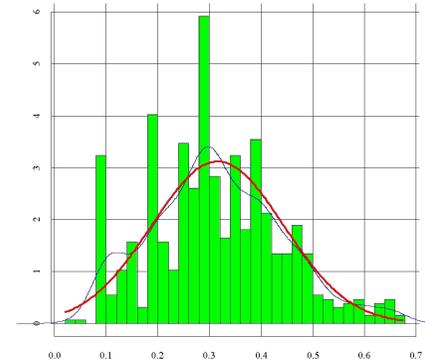
Среднее значение	0,838
Стандартное отклонение	0,072

### Плотность



Среднее значение	0,843
Стандартное отклонение	0,028

### КИН

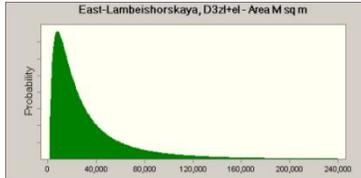


Среднее значение	0,316
Стандартное отклонение	0,128



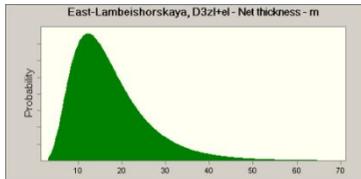
# ОЦЕНКА ОБЪЕМА РЕСУРСОВ

Параметры распределений основаны на статистических данных



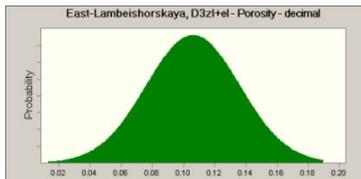
Площадь  
– логнормальное распределение

**X**



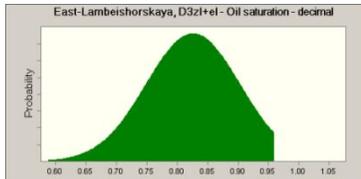
Эффективная толщина  
– логнормальное распределение

**X**



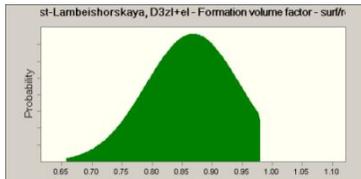
Пористость  
– нормальное распределение

**X**



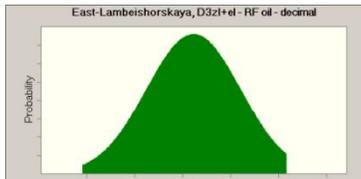
Нефтенасыщенность  
– нормальное распределение

**X**



Пересчетный коэффициент  
– нормальное распределение

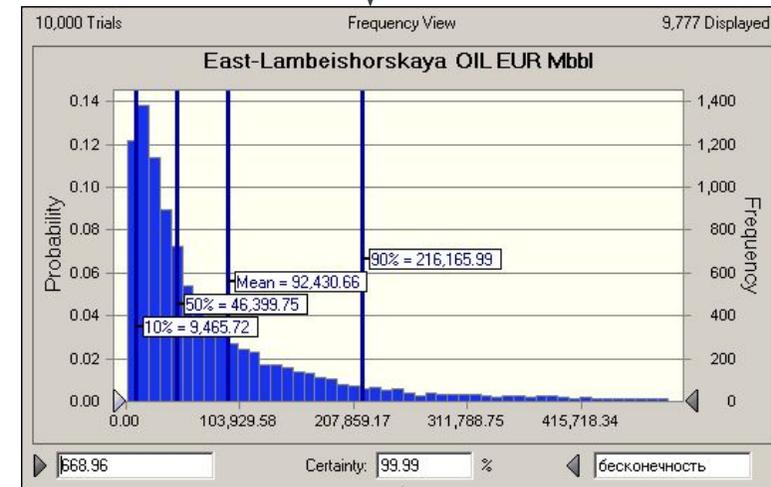
**X**



Коэффициент извлечения  
– нормальное распределение

**=**

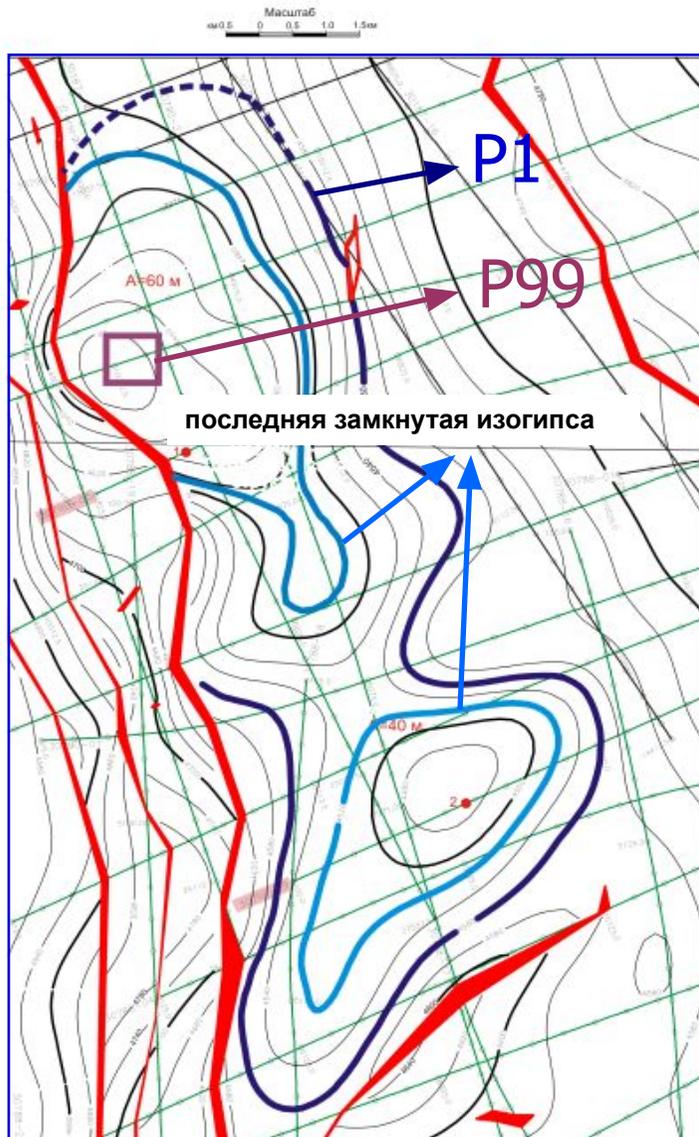
Перемножаются  
распределения



- Результат – логнормальное распределение объемов ресурсов
- В случае успеха наиболее вероятно открытие небольшого месторождения



## ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ СТРУКТУРЫ



Площадь является основным параметром, влияющим на оценку объемов ресурсов

В оценке по российской классификации обычно площадь структуры принимается по последней замкнутой изогипсе

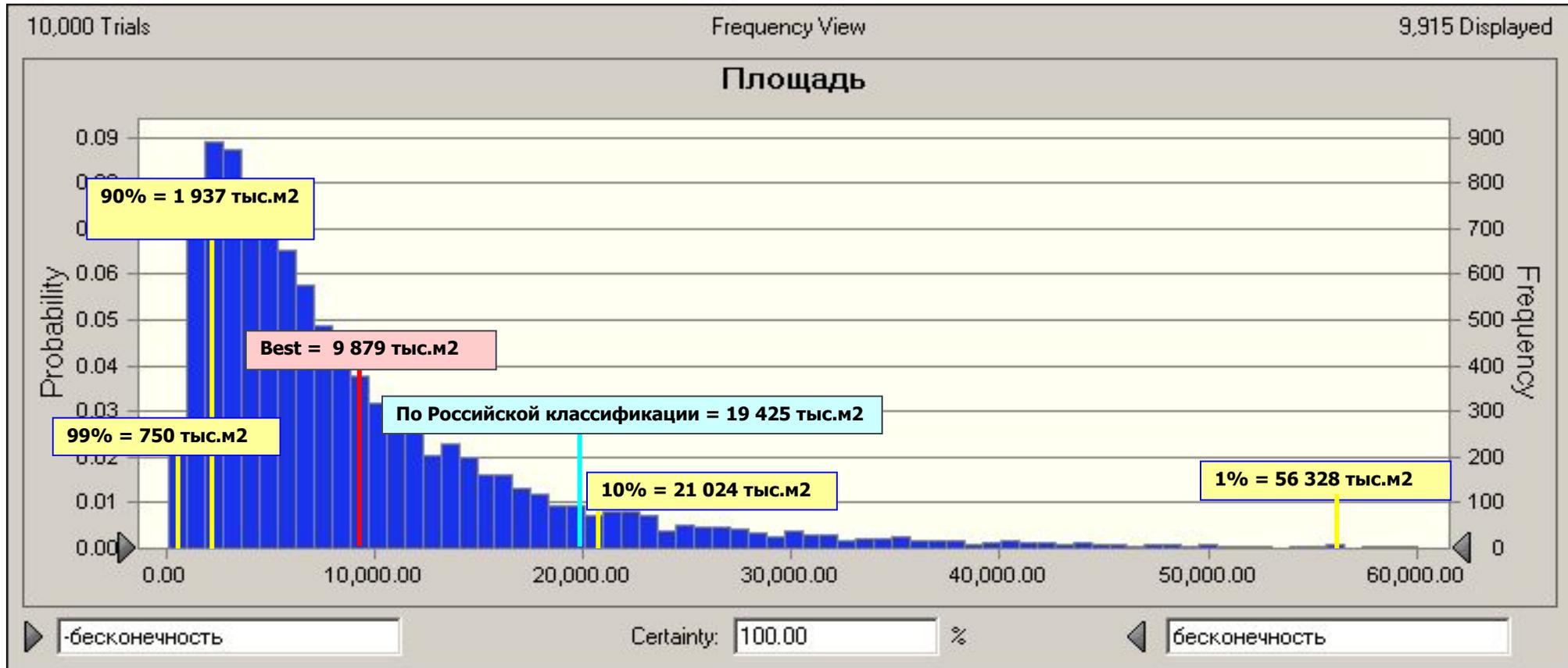
В оценке ресурсов по классификации SPE площадь задается логнормальным распределением через величины P99 и P1

Площадь P1 соответствует максимально возможной площади структуры

Площадь P99 соответствует минимально возможной площади, которая может обеспечить устойчивый приток УВ на поверхность



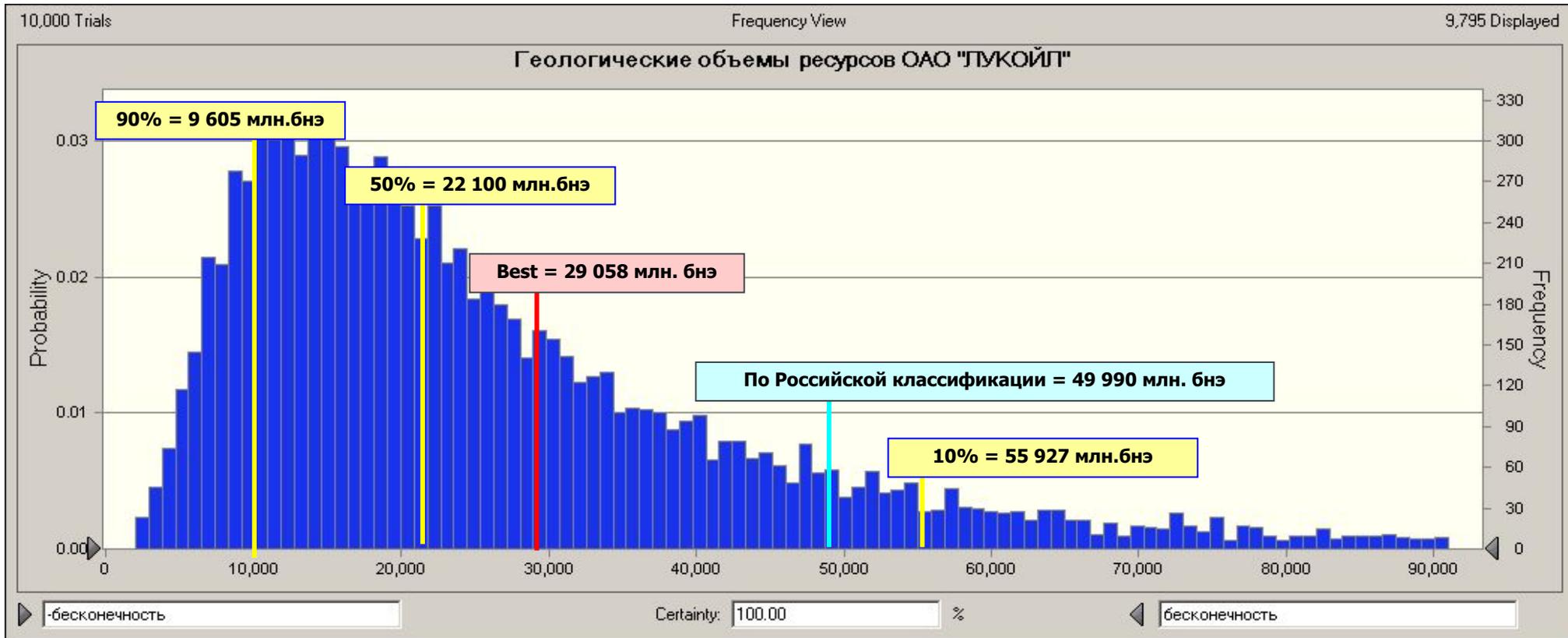
## ПРИМЕР ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ СТРУКТУРЫ



Площадь, оцененная по российской классификации, близка к значению P10 вероятностной оценки. Это является основной причиной того, что наиболее вероятное значение объемов ресурсов (Best) меньше детерминированной оценки по российской классификации



# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

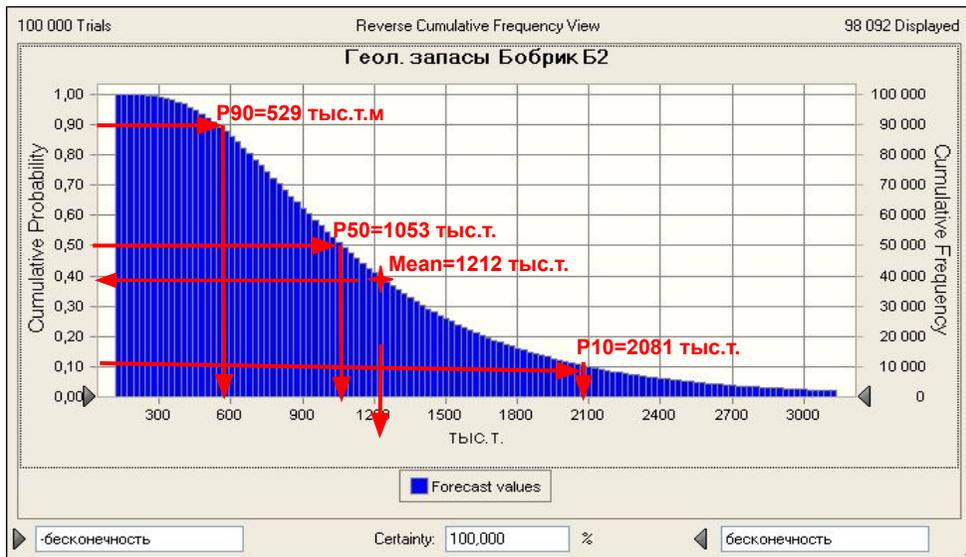
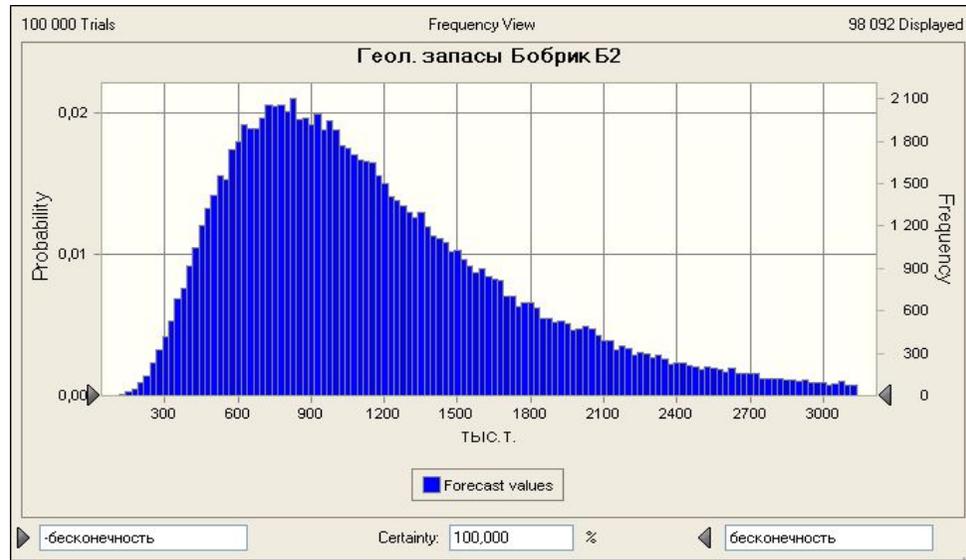


В целом, детерминистическая оценка геологических объемов ресурсов по РФ классификации больше оценки Best в **1,7** раза.

Это соотношение зависит от степени изученности района и меняется по отдельным предприятиям от **1** до **3**



## ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ



Цель вероятностной оценки - определить диапазон изменения прогнозных запасов, которые могут быть открыты при проведении поисковых работ.

Ширина диапазона характеризует *неопределенность* оценки запасов и зависит от *неопределенности* каждого из исходных подсчетных параметров.

Результаты вероятностной оценки представляются либо в виде частоты распределения прогнозных запасов, либо в виде накопленной частоты, где по оси X представлен диапазон изменения запасов, а по оси Y – вероятность, каждому значению которой соответствует своя величина запасов.

Значения прогнозных запасов, соответствующие определенным вероятностям, могут быть использованы в качестве минимальных – средних – максимальных величин запасов для коммерческих расчетов.

Для этих целей выбраны вероятности:

**P90** – для минимальной оценки ресурсов

**P50** – для средней оценки ресурсов

**P10** – для максимальной оценки ресурсов

Также используется величина “Mean” – среднее значение по всему распределению ресурсов.

В представленном на слайде случае:

P90=529 тыс.т. – означает, что вероятность открытия ресурсов свыше 529 тыс.т. составляет 90%;

P50 = 1053 тыс.т. – вероятность открытия ресурсов свыше 1053 тыс.т. составляет 50% («наиболее вероятная оценка»);

P10 = 2081 тыс.т. – вероятность открытия ресурсов свыше 2081 тыс.т. составляет 10%.



## ОТНОШЕНИЕ $P_{10}/P_{90}$ – ХАРАКТЕРИСТИКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ

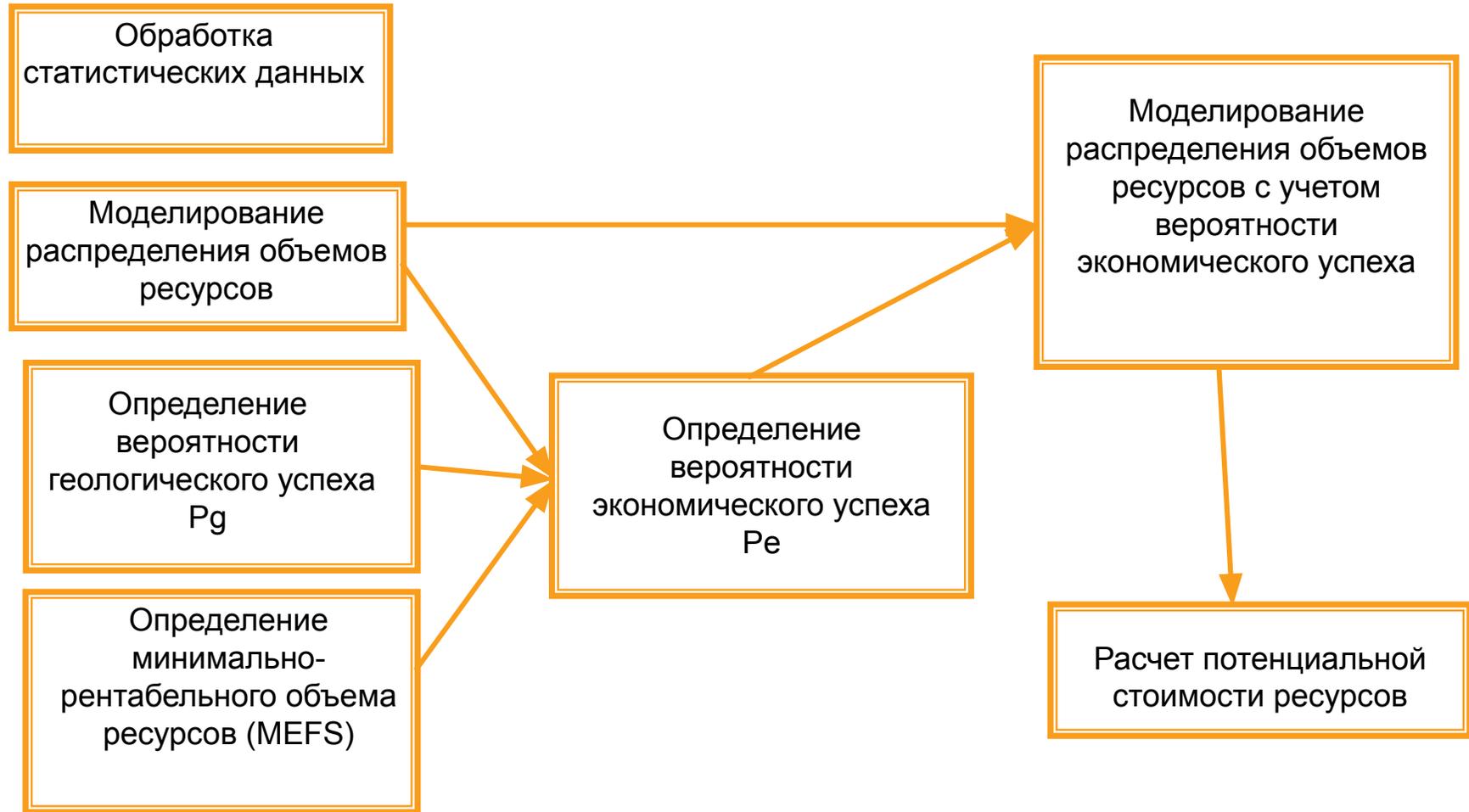
Вероятностная оценка ресурсов характеризуется величиной неопределенности, которая оценивается как соотношение значений  $P_{10}$  к  $P_{90}$ . Чем меньше неопределенность в оценке параметров, тем меньше соотношение  $P_{10}/P_{90}$ .

В мировой практике вероятностной оценки запасов и ресурсов используются следующие диапазоны изменения соотношения  $P_{10}/P_{90}$  по оцениваемому объекту в зависимости от изученности:

Открытые месторождения	2.2 - 7
Неоткрытые пласты на открытых месторождениях	5 - 25
Структуры, непосредственно примыкающие к открытым месторождениям	10 - 120
Структуры, находящиеся близко от открытых месторождений или в регионе, где есть открытые месторождения	55 - 250
Структуры, находящиеся в регионе, где нет открытых месторождений	120 - 650



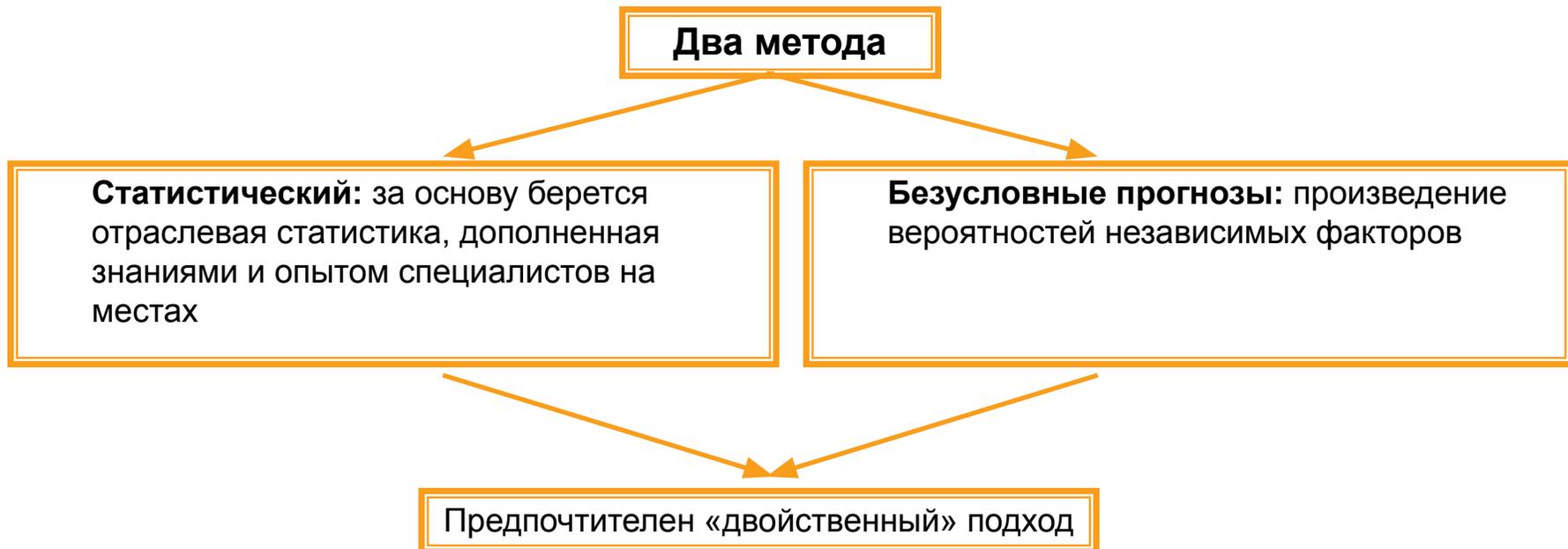
## СХЕМА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ





## ВЕРОЯТНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО УСПЕХА

Вероятность геологического успеха ( $P_g$ ) – это вероятность открытия поисковой скважиной залежи углеводородов с объёмами достаточными для получения устойчивого притока УВ на поверхности. Величина  $P_g$  может изменяться от 0 до 1 и характеризует уверенность эксперта в открытии залежи.





## ВЕРОЯТНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО УСПЕХА

Вероятность геологического успеха ( $P_g$ ) – это вероятность открытия поисковой скважиной залежи углеводородов с объёмами достаточными для получения устойчивого притока УВ на поверхности. Величина  $P_g$  может изменяться от 0 до 1 и характеризует уверенность эксперта в открытии залежи.

$P_g$  вычисляется для каждой залежи отдельно как произведение вероятностей четырех независимых факторов, определяющих успех или неудачу (риск) геолого-поисковых работ

Фактор риска	Условия успеха
Нефтегазоматеринская порода	Наличие источника, способного обеспечить снабжение перспективного участка УВ (мощность и площадное распространение материнской породы, содержание и тип ОВ, катагенетическая зрелость)
Резервуар	Наличие коллектора (площадное распространение, эффективная мощность, пористость, проницаемость, фациальная изменчивость, связность, диагенетическая и иная преобразованность)
Ловушка	Наличие формы геологического тела, способного улавливать УВ (надёжность картирования на основе плотности, регулярности и качества фактических данных, точности глубинных и площадных построений), целостность покрывки и тектонических, литологических экранов в момент начального насыщения и после него
Миграция	Заполнение ловушки УВ с учетом ее местоположения относительно путей миграции, а также времени формирования ловушки и периода миграции УВ, возможности недонасыщения.





## ВЕРОЯТНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО УСПЕХА

Для присвоения числовых значений вероятности обнаружения геологического фактора применяется шкала

Степень уверенности	Прямые доказательства	Промежуточные доказательства	Косвенные доказательства
Наверняка	1	-	-
Очень вероятно	0,95	0,9	-
Вероятно	0,89	0,8	0,71
Достаточно вероятно	0,75	0,7	0,62
Возможно	0,5	0,5	0,5
Маловероятно	0,25	0,33	0,4
Сомнительно	0,12	0,25	-



## ВЕРОЯТНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО УСПЕХА

<b>Прямые доказательства</b>	<i>факты, однозначно установленные в результате нефтегазопромысловых и геолого-технических исследований (притоки УВ из целевых интервалов, анализы керна и флюидов, дела скважин и др. по исторически накопленному фонду сопредельных скважин, результаты изучения обнажений)</i>
<b>Промежуточные доказательства</b>	<i>надёжно интерпретируемые материалы нефтегазопромысловых и геолого-геофизических исследований (проявления УВ при бурении, на керне, шламе, притоки УВ из не точно установленных интервалов, данные ГИС, детальные и высоко кондиционные сейсмические съемки 2D и 3D, геолого-геофизические разрезы, схемы корреляции скважин и др.)</i>
<b>Косвенные доказательства</b>	<i>неоднозначно интерпретируемые результаты наземных исследований и данные по удалённым скважинам (геофизические и геохимические исследования, бассейновые, палеотектонические и сиквенс-стратиграфические</i>



## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКРЫТИЯ ЗАЛЕЖИ УВ

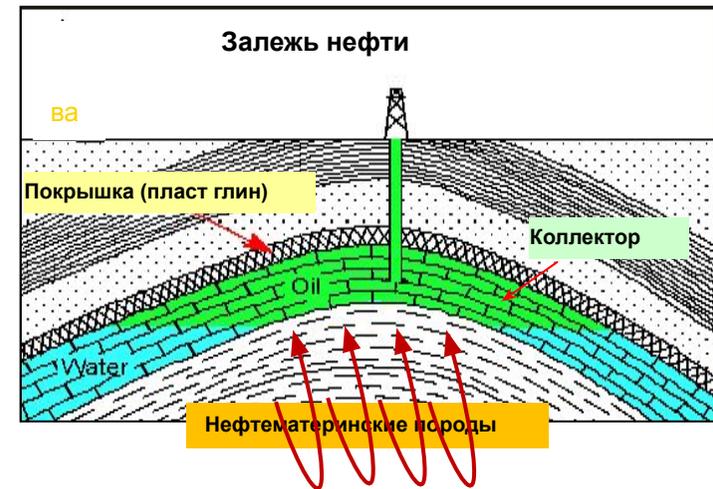
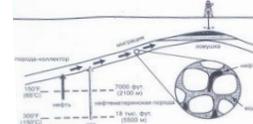
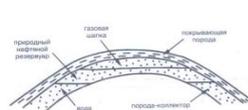
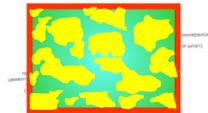
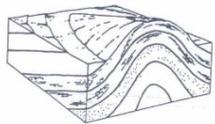
Геологический риск описывает вероятность нахождения залежи УВ и обусловлен особенностями геологического строения исследуемой территории и историей ее формирования.

Ключевые факторы, описывающие вероятность нахождения залежей УВ:

- наличие ловушки;
- наличие коллектора, способного вмещать УВ;
- наличие покрышки (экрана), как составляющей части ловушки;
- возможность заполнения ловушек углеводородами.

Каждый из этих факторов оценивается численно (в долях единицы) в виде вероятности его наличия.

Вероятность открытия залежи (POS) определяется произведением вероятностей каждого из этих факторов.



<b>Риск по ловушке</b>	x	<b>Риск по коллектору</b>	x	<b>Риск по покрышке</b>	x	<b>Риск по заполнению</b>	=	<b>POS</b>
<b>0.8</b>	x	<b>0.7</b>	x	<b>0.8</b>	x	<b>0.9</b>	=	<b>0.403</b>

Однако в практической работе представляет интерес не только определение POS, но и учет рисков при оценке прироста запасов.



## УЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ПРОГНОЗЕ ЗАПАСОВ. МЕТОДИЧЕСКИ НЕВЕРНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗУ ЗАПАСОВ С УЧЕТОМ РИСКА

Для правильного прогноза запасов поисковых объектов и учета возможных неудач при поисках выполняется «обрискование» прогнозных запасов.

### 1. «Обрискование» детерминистской оценки запасов (подход методологически неверный, но дававший приблизительную среднюю величину «обрискованных» запасов)

Подход заключается в перемножении результатов детерминистской оценки запасов по пластам поискового объекта на соответствующие значения POS.

Величина запасов с учетом риска в целом по объекту представляет из себя сумму «обрискованных» запасов по пластам.

№пп	Пласт	Извлекаемые запасы без учета риска	POS	Извлекаемые запасы с учетом риска
1	А	1000	0.6	600
2	В	3000	0.5	1500
3	С	2000	0.4	800
Всего по объекту:		6000		2900

### 2. «Обрискование» вероятностной оценки запасов (неверный подход)

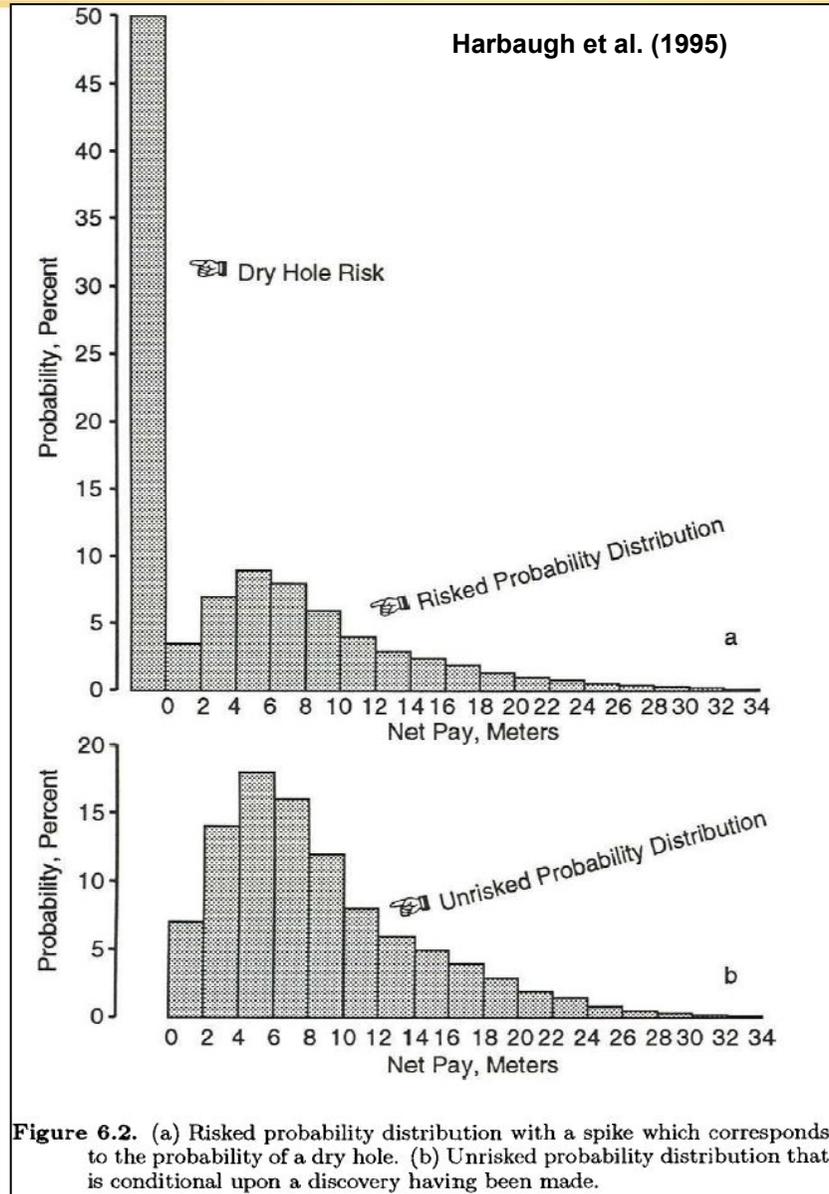
Применялся аналогичный прием – для получения «обрискованной» вероятностной оценки значения P90, P50, P10 по пластам перемножались на соответствующие значения POS.

Значения P90, P50, P10 с учетом риска в целом по объекту представляла из себя сумму «обрискованных» запасов P90, P50, P10 по пластам.

№пп	Пласты	Вероятностная оценка без учета риска				POS	Вероятностная оценка с учетом риска			
		P90	P50	P10	Mean		P90	P50	P10	Mean
1	А	500	1000	2000	1100	0.6	300	600	1200	660
2	В	1500	3000	6000	3300	0.5	750	1500	3000	1650
3	С	1000	2000	4000	2200	0.4	400	800	1600	880
В целом по объекту:		3000	6000	12000	6600		1450	2900	5800	3190



## Распределение без рисков и с рисками



**Figure 6.2.** (a) Risked probability distribution with a spike which corresponds to the probability of a dry hole. (b) Unrisked probability distribution that is conditional upon a discovery having been made.

- Имеем распределение параметров (эффективная мощность, запасы и т.п.), предполагая что залежь существует.
- Но есть вероятность что залежь не существует – её также можно показать на графике распределения вероятностей.
- Сумма вероятностей всех событий должна оставаться равной 1, поэтому вероятности событий в случае успеха масштабируются (уменьшаются) в соответствии с вероятностью неуспеха.



## Особенности прогноза запасов поискового объекта с учетом риска.

1. Геологический риск (POS) не имеет отношения к оценке запасов конкретного единичного поискового объекта.
2. Величины «обрискованной» оценки прогнозных запасов (P10, P50, P90) для единичного объекта не имеют смысла. Операция «обрискования» прогнозных запасов имеет смысл, когда применяется одновременно к нескольким поисковым единицам:
  - несколько возможных перспективных пластов какого-либо перспективного объекта;
  - несколько перспективных объектов в пределах оцениваемого лицензионного участка).
3. Геологический риск имеет смысл на стадии поисковых работ. В случае открытия залежи УВ он становится равным 1 (хотя это утверждение спорно).

# Учет геологических рисков в вероятностной оценке запасов. Пример технической реализации для одного пласта.



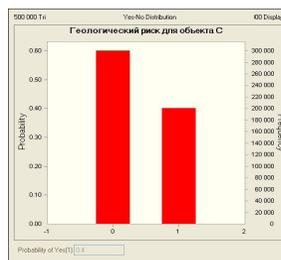
- Имеем распределение запасов без учета рисков, предполагая что залежь существует.
- Геологический риск (POS, в данном случае – 0.4) указывает на 60% вероятность того, что залежь не существует и на 40% вероятность, что залежь существует.
- Вероятность «неуспеха» можно показать на графике распределения вероятностей. Для этого шкала вероятности умножается на значение геологического риска. Технически это достигается стохастическим перемножением распределения запасов на геологический риск в виде бинарного распределения «Yes-No» (Yes – 1, No – 0; в данном примере Yes (1) – 0.4, No(0) – 0.6 ) В итоге: распределение запасов с учетом риска содержит 60% нулевых значений и 40% значащих.

- Сумма вероятностей всех событий должна оставаться равной 1, поэтому вероятности событий в случае успеха масштабируются (уменьшаются) в соответствии с вероятностью неуспеха.

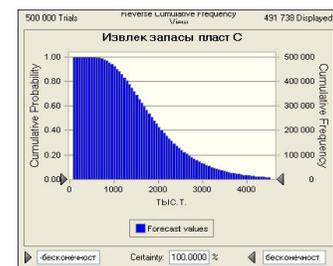
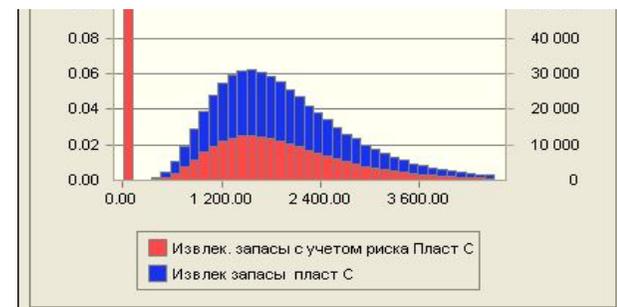
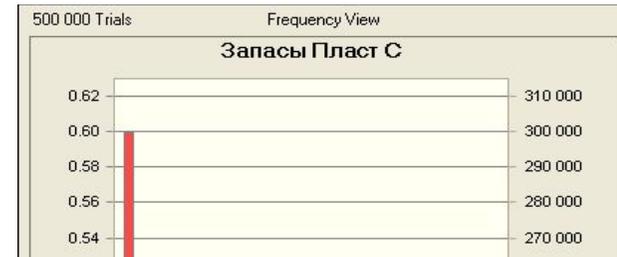
- Диапазон возможных ресурсов (объем нефти) при этом не изменяется, он такой же, как и в случае без риска, но вероятность найти определённый объем УВ становится меньше. В данном случае, вероятность найти минимальный оценённый объем нефти – 0.4 (P40), а значения P90 и P50 равны 0.



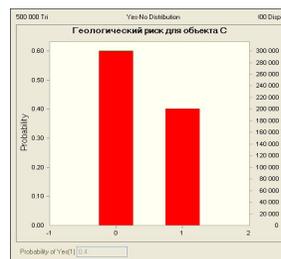
X



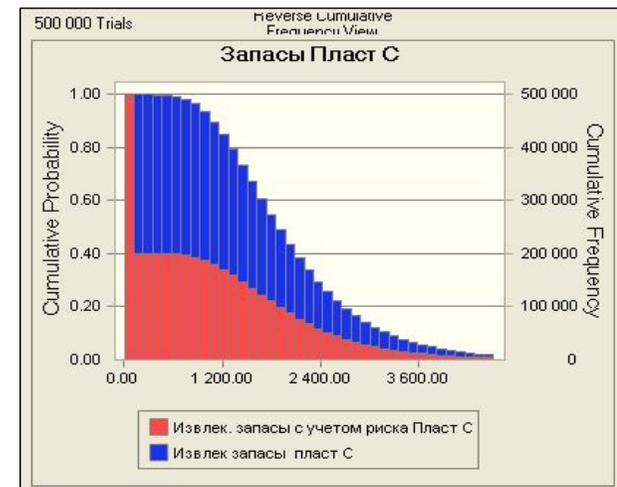
=



X



=



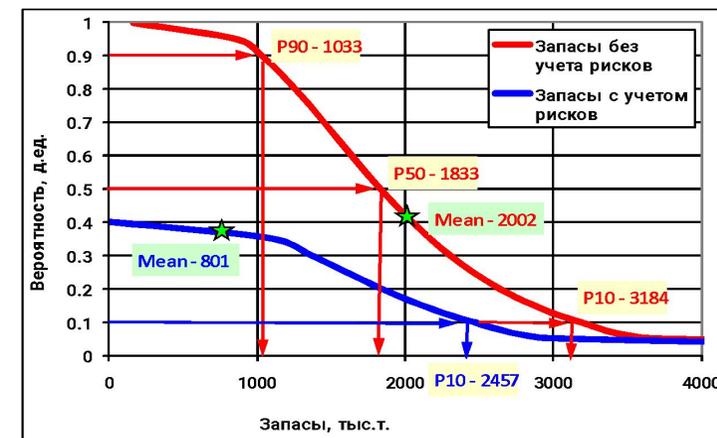
# Сравнение правильного и неверного подходов учета геологических рисков в вероятностной оценке.



## Результаты вероятностной оценки, выполненной по верной методологии

№пп	Пласты	Вероятностная оценка без учета риска				POS	Вероятностная оценка с учетом риска			
		P90	P50	P10	Mean		P90	P50	P10	Mean
1	A	469	893	1662	1000	0.6	0	549	1430	599
2	B	1602	2762	4690	3001	0.7	0	2176	4308	2101
3	C	1033	1833	3184	2002	0.4	0	0	2458	802
В целом по объекту:		4092	5788	8178	6003	Суммарный POS по объекту: $= 1 - (1 - 0.6) * (1 - 0.7) * (1 - 0.4) = 0.93$	650	3371	6364	3502

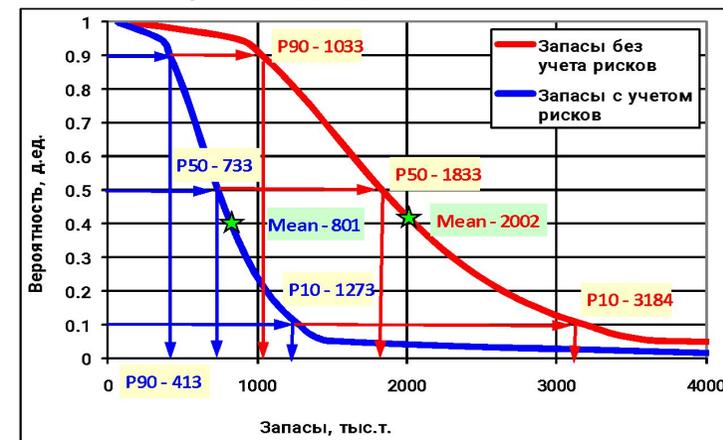
## Перспективный пласт С, POS=0.4, Правильный подход



## Результаты вероятностной оценки, выполненной по ошибочному подходу

№пп	Пласты	Вероятностная оценка без учета риска				POS	Вероятностная оценка с учетом риска			
		P90	P50	P10	Mean		P90	P50	P10	Mean
1	A	469	893	1662	1000	0.6	281	536	997	600
2	B	1602	2762	4690	3001	0.7	1121	1933	3283	2101
3	C	1033	1833	3184	2002	0.4	413	733	1273	801
В целом по объекту:		3104	5487	9536	6003		1816	3202	5554	3502

## Перспективный пласт С, POS=0.4, Неверный подход



### Последствия неправильного подхода:

- Не учет вероятности отсутствия нефти;
- Завышение минимальной оценки (P90);
- Занижение максимальной оценки (P10).

# Особенности вероятностной оценки и геологических рисков для поисковой структуры.

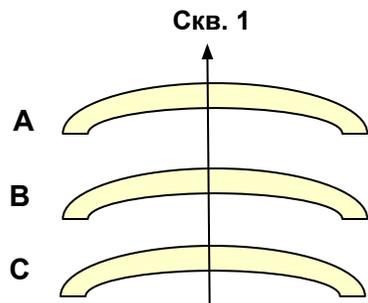


Поисковый объект:

3 перспективных пласта – А, В, С

(Случай – Бурение поисковой скважины)

Определены геологические риски, выполнена вероятностная оценка  
без учета рисков и с их учетом:



№пп	Пласты	Вероятностная оценка без учета риска				POS	Вероятностная оценка с учетом риска			
		P90	P50	P10	Mean		P90	P50	P10	Mean
1	А	469	893	1662	1000	0.6	0	549	1430	599
2	В	1602	2762	4690	3001	0.7	0	2176	4308	2101
3	С	1033	1833	3184	2002	0.4	0	0	2458	802
В целом по объекту:		4092	5788	8178	6003	Суммарный POS по объекту: $= 1 - (1 - 0.6) * (1 - 0.7) * (1 - 0.4) = 0.93$	650	3371	6364	3502

## Особенности вероятностной оценки и учета риска в вероятностной оценке

- Суммарные значения вероятностной оценки по объекту, состоящему из нескольких пластов определяются стохастическим моделированием (итоговые значения по объекту P90, P50, P10 отличаются от простой суммы P90, P50, P10 по пластам)
- Значения P90, P50, P10 вероятностной оценки с учетом риска по пластам определяются путем масштабирования оси вероятностей (умножением шкалы вероятности на POS) и не равны простому произведению P90, P50, P10 вероятностной оценки без риска на значения POS.
- Суммарный геологический риск (POS) по объекту определяется по формуле:

$$POS_{\text{общее}} = 1 - (1 - POS_A) * (1 - POS_B) * (1 - POS_C)$$

Чем больше пластов в одном поисковом объекте, тем больше общий POS. Именно по этой причине, имея по большинству пластов небольшой POS и «обрискованные» значения P90, P50 = 0, суммарные прогнозные значения P90, P50 с учетом риска в целом по объекту могут быть достаточно высокими.

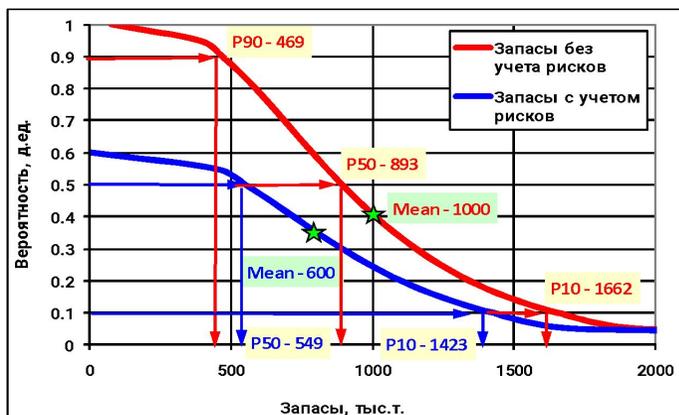
## Особенности значения «Mean» в вероятностной оценке и учете рисков

- Суммарное значение «Mean» по объекту, состоящему из нескольких пластов, равно простой сумме «Mean» по этим пластам.
- Значения «Mean» по вероятностной оценке с учетом риска по пластам равны простому произведению «Mean» по вероятностной оценке без учета риска на соответствующие значения POS.

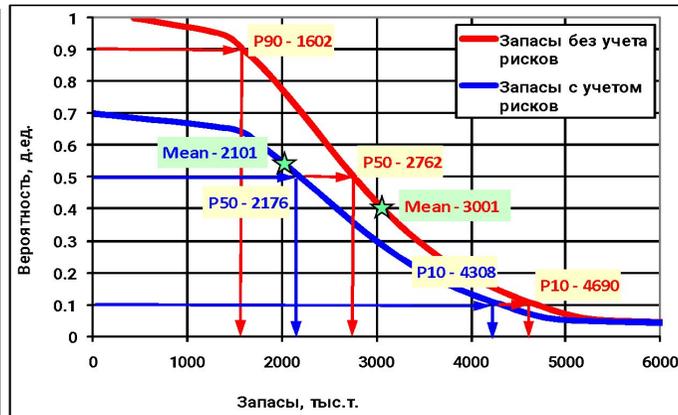
# Результаты применения геологических рисков (POS) и вероятностной оценки запасов.



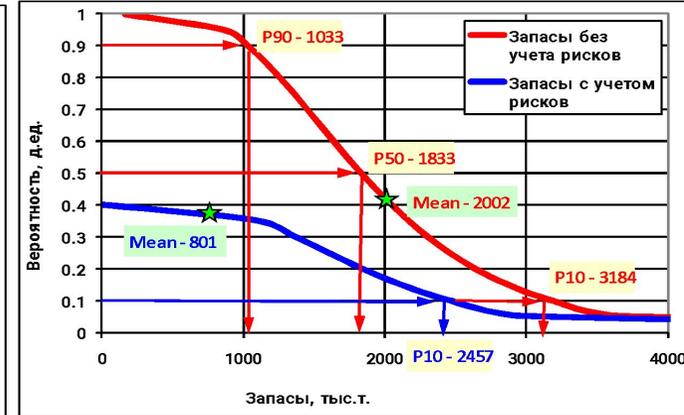
Пласт А, POS=0.6



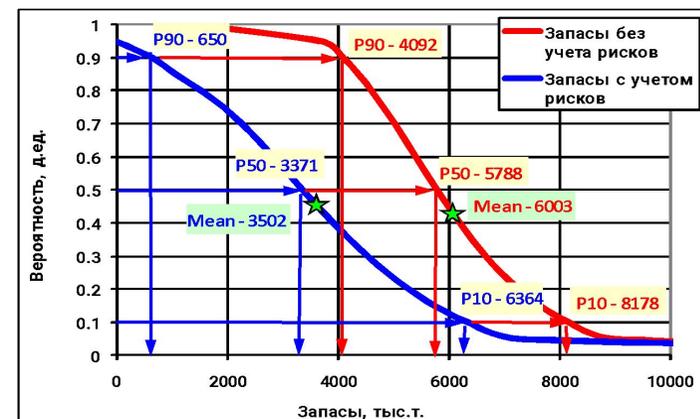
Пласт В, POS=0.7



Пласт С, POS=0.4



Поисковый объект в целом (пласты А+В+С), POS=0.928



Вероятностная оценка с учетом рисков (синие кривые) получена стохастическим моделированием (методом Монте-Карло), путем умножения значений рисков в виде распределений «Yes / No».

Имея значения рисков по пластам А, В, С – 0.6, 0.7 и 0.4 соответственно, значения обрисованных запасов P90 по пластам равны 0, а по пласту С равно 0 и значение P50.

Вероятность успеха многопластового объекта увеличивается. POS для объекта в целом равен 0.928. Значение вычисляется по формуле:

$$POS_{\text{общее}} = 1 - (1 - POS_A) * (1 - POS_B) * (1 - POS_C) = 1 - (1 - 0.6) * (1 - 0.7) * (1 - 0.4) = 0.928$$

Значения рисков, как по пластам, так и для объекта в целом, можно снять с графиков в точке пересечения кривой обрисованных запасов с осью вероятности.



Следует обращать внимание на то, чтобы примененный геологический риск (вероятность успеха) для объекта был близок к фактическому (историческому) коэффициенту успешности бурения в данном регионе. Представление исторического коэффициента успешности бурения и сравнение его с предлагаемой вероятностью успешности является необходимым элементом при подготовке геологического обоснования заложения поисковой скважины. Если оценённая вероятность успеха скважины существенно отличается от исторического коэффициента успешности в регионе, то необходимо обосновать такое расхождение.

## ЗАЛЕЖИ «НЕ ЗНАЮТ, ЧТО ИХ ОБРИСКОВАЛИ....»

Итак, верный путь обрисовки запасов установлен. Но существует проблема того, что залежи «не знают», что их обрисовывают, и после обрисовки они не уменьшают свои размеры...

Как верно оценивать ожидаемые приросты запасов?

### ***Определение минимального, базового и максимального вариантов прироста ресурсов в результате бурения поисковой скважины***

В случае, когда предполагается, что перспективный объект содержит одну залежь, минимальный, базовый и максимальный варианты прироста ресурсов в результате бурения скважины будут отвечать, соответственно, вариантам P90, P50 и P10 вероятностной оценки, поскольку именно эти ресурсы будут открыты в случае успеха бурения. Обрисовка ресурсов в таком случае не требуется.

## Определение минимального, базового и максимального вариантов прироста ресурсов в результате бурения поисковой скважины



В случае, когда перспективный объект состоит из нескольких залежей, варианты прироста ресурсов могут быть сформированы следующим образом:

Базовый вариант можно сформировать из залежей с наибольшими вероятностями успеха (POS), которые при суммировании необрискованных ресурсов P50 дают ресурсы близкие к обрискованным ресурсам Pmean всего перспективного объекта.

Пласты	Прогноз								
	Без учета рисков				POS	С учетом рисков			
	P90	P50	P10	MEAN		P90	P50	P10	MEAN
A	263	299	339	300	0.5	0	0	324	150
B	350	398	452	400	0.4	0	0	426	160
C	175	199	226	200	0.6	0	181	219	120
D	438	497	566	500	0.3	0	0	519	150
E	525	597	679	600	0.2	0	0	597	120
	1881	1998	2123	2000	0.93	190	655	1296	700

## Определение минимального, базового и максимального вариантов прироста ресурсов в результате бурения поисковой скважины



Оптимистический вариант должен включать залежи из базового варианта разработки и дополнительные залежи с наибольшими вероятностями успеха (POS) которые при суммировании необрискованных ресурсов P50 дают ресурсы близкие к обрискованным ресурсам P10 для всего перспективного объекта.

Пласты	Прогноз								
	Без учета рисков				POS	С учетом рисков			
	P90	P50	P10	MEAN		P90	P50	P10	MEAN
A	263	299	339	300	0.5	0	0	324	150
B	350	398	452	400	0.4	0	0	426	160
C	175	199	226	200	0.6	0	181	219	120
D	438	497	566	500	0.3	0	0	519	150
E	525	597	679	600	0.2	0	0	597	120
	1881	1998	2123	2000	0.93	190	655	1296	700

## Определение минимального, базового и максимального вариантов прироста ресурсов в результате бурения поисковой скважины



Пессимистический вариант должен включать только одну-две залежи с самыми большими вероятностями успеха (POS), которые при суммировании необрискованных ресурсов P50 дают ресурсы близкие к обрискованным ресурсам P90 для всего перспективного объекта.

Пласты	Прогноз								
	Без учета рисков				POS	С учетом рисков			
	P90	P50	P10	MEAN		P90	P50	P10	MEAN
A	263	299	339	300	0.5	0	0	324	150
B	350	398	452	400	0.4	0	0	426	160
C	175	199	226	200	0.6	0	181	219	120
D	438	497	566	500	0.3	0	0	519	150
E	525	597	679	600	0.2	0	0	597	120
	1881	1998	2123	2000	0.93	190	655	1296	700

# Учёт зависимостей между параметрами и факторами риска при выполнении вероятностной оценки по пластам



- Часто существуют зависимости между факторами риска для разных залежей на одном проспекте. Например:
  - Заполнение всех пластов из одной материнской породы
  - Формирование структуры одновременно для нескольких пластов.
- Некоторые факторы риска могут быть независимы – наличие коллектора, качество покрышки.
- Чем больше независимых пластов на проспекте, тем больше вероятность успеха (вероятность найти нефть хотя бы в одном из пластов)
- Наличие зависимостей между пластами уменьшает вероятность наличия нефти на проспекте
- Зависимыми могут быть также подсчетные параметры, между которыми есть физическая зависимость. Например, нефтенасыщенность зависит от пористости.
- Наличие зависимостей между подсчетными параметрами увеличивают диапазоны прогнозируемых неопределенностей, так как это означает корреляцию минимальных или максимальных значений одного и другого параметра вместо их случайных перемножений.

Матрица учета зависимостей в программном обеспечении «Crystal-Ball» между исходными параметрами, участвующими в вероятностной оценке

	11_Ю4_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)	11_Ю4_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)	11_Ю4_риск_структура (Герасимовские ЛУ)	11_Ю3_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)	11_Ю3_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)	11_Ю3_риск_структура (Герасимовские ЛУ)	11_Ю2_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)	11_Ю2_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)	11_Ю2_риск_структура (Герасимовские ЛУ)	11_БС7_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)	11_БС7_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)	11_БС7_риск_структура (Герасимовские ЛУ)	11_БС6_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)	11_БС6_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)	11_БС6_риск_структура (Герасимовские ЛУ)
11_БС6_риск_структура (Герасимовские ЛУ)			1.000						0.700						
11_БС6_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)		1.000													
11_БС6_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)				1.000											
11_БС7_риск_структура (Герасимовские ЛУ)					1.000				0.700						
11_БС7_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)						1.000									
11_БС7_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)							1.000								
11_Ю2_риск_структура (Герасимовские ЛУ)								1.000							
11_Ю2_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)									1.000						
11_Ю2_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)										1.000					
11_Ю3_риск_структура (Герасимовские ЛУ)											1.000				
11_Ю3_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)												1.000			
11_Ю3_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)													1.000		
11_Ю4_риск_структура (Герасимовские ЛУ)														1.000	
11_Ю4_риск_коллектор (Герасимовские ЛУ)															1.000
11_Ю4_риск_заполнение (Герасимовские ЛУ)															1.000

Примеры зависимостей для факторов риска :

- Если есть структура на пласте БС6, то есть и на БС7 – корреляция 1.0 (расстояние между пластами незначительное)
- Если заполнен пласт БС7, то повышается вероятность заполнения Ю2 - корреляция 0.5 (однозначной уверенности нет)



## Какие распределения использовать?

- Распределения подсчётных параметров необходимо строить, используя максимальное количество данных (исходя из статистики по исследуемым регионам).
- Если данных нет или мало, то нужно ориентироваться на глобальные исследования распределений подсчётных параметров. Нужно обращать внимание на три момента: а) форма распределений; б) коэффициент асимметрии; с) отношение P10/P90.
- Рекомендации по использованию типов распределений для параметров подсчета запасов согласно данным по месторождениям Мексиканского залива и Канады:

Площадь – логнормальное распределение, коэффициент асимметрии положительный 3-10 (можно средний 5), отношение P10/P90 5-52 (можно средний 10).

Эффективная мощность - логнормальное распределение, коэффициент асимметрии положительный 1-5 (можно средний 3), отношение P10/P90 5-10 (можно средний 7).

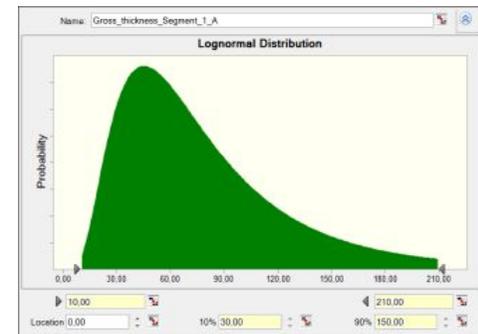
Пористость - нормальное или Вейбул-распределение, коэффициент асимметрии около 0 или чуть отрицательный до -1 (можно средний 0), отношение P10/P90 1-3 (можно средний 1.5).

Водонасыщение - логнормальное распределение, коэффициент асимметрии положительный 1-2 (можно средний 1), отношение P10/P90 2-4 (можно средний 3).

КИН - нормальное распределение, коэффициент асимметрии около -1, отношение P10/P90 1-18 (можно средний 7). Но этот параметр наименее изучен и ведёт себя хуже всех (с точки зрения описания статистиками).

- Статистические данные по району должны использоваться в контексте зрелости бассейна. В хорошо изученных (разбуренных) районах, площадь поисковых залежей со временем уменьшается, поэтому использовать всю статистику по площадям нельзя, нужно учесть тренд изменения площадей во времени. Другие параметры со временем меняются мало.
- Не используйте треугольные распределения – они существенно завышают вероятностные оценки перспективных ресурсов!

Распределения для:  
Площади  
Эффективной мощности  
Водонасыщенности



Распределения для:  
Пористости  
КИН

