

## О СТАТИСТИЧЕСКИХ СВЯЗЯХ ДОКАЗАННЫХ РАЗБУРЕННЫХ НЕРАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ЗАПАСОВ С КОЛИЧЕСТВОМ ЗАПЛАНИРОВАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Построены математические модели и проанализировано влияние количества запланированных мероприятий на величины доказанных разбуренных неразрабатываемых запасов по десяти месторождениям ТПП «Лангепаснефтегаз» за период с 1996 по 2001 г.

В соответствии с международной классификацией Общества инженеров-нефтяников (SPE) получение доказанных разбуренных неразрабатываемых запасов ( $Z_{нр}$ ) планируется за счет проведения следующих мероприятий: восстановления скважин из бездействия (количество мероприятий), гидроразрывов пласта, перевода скважин на другой горизонт по техсхеме и перевода скважин на другой горизонт в качестве уплотняющих. Количество этих мероприятий обозначим через  $n_c$ .

Оценку связей между планируемыми мероприятиями и доказанными разбуренными неразрабатываемыми запасами рассмотрим на примере десяти месторождений ТПП «Лангепаснефтегаз». Для этого изучим статистические связи между исследуемыми параметрами за период с 1996 по 2001 г. Необходимо отметить, что оценка данной категории запасов была выполнена независимой инжиниринговой фирмой *Miller & Lents (M&L)*.

Кроме построения статистических связей между  $Z_{нр}$  и  $n_c$ , для установления соответствия доказанных разбуренных неразрабатываемых запасов количеству различных мероприятий будем использовать отношение  $Z_{нр}$  к  $n_c$ . Данное отношение является количественным удельным показателем, оценивающим величину разбуренных неразрабатываемых запасов за счет проведения одного мероприятия. Обозначим этот показатель как  $K_c$ .

За анализируемый период в ТПП «Лангепаснефтегаз» планировалось выполнение 9369 мероприятий, за счет которых предполагалось получить доказанные разбуренные неразрабатываемые запасы в объеме 1098,6 млн.баррелей. Основные статистические характеристики величин  $Z_{нр}$ ,  $n_c$  и  $K_c$ , а также характер их распределения по годам приведены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что начиная с 1996 г. наблюдается закономерное увеличение значений  $n_c$ ,  $Z_{нр}$  при уменьшении значений  $K_c$ .

Выполненный корреляционный анализ между  $n_c$  и  $Z_{нр}$  показал, что эти величины связаны значимой корреляционной зависимостью с коэффициентом корреляции  $r=0,95$ .

Полученная корреляция обладает особенностью, заключающейся в том, что не весь диапазон значений одинаково охарактеризован наблюдениями. В

интервале  $n_c$  от 450 до 800 мероприятий наблюдается область отсутствия значений. В то же время при  $n_c > 800$  расположение точек характеризуется другим законом распределения относительно основного корреляционного поля.

Таблица 1

Статистические характеристики величин доказанных разбуренных  
неразрабатываемых запасов  $Z_{нр}$

Год	Показатели		
	$n_c$ шт.	$Z_{нр}$ , млн.баррелей	$K_c$
1996-2000	<u>158,7±188,9</u>	<u>18,6±23,1</u>	<u>0,14±0,08</u>
	119,0	124,2	54,0
1996	<u>77,8±90,0</u>	<u>11,6±13,1</u>	<u>0,19±0,14</u>
	115,6	112,9	73,7
1997	<u>89,7±98,3</u>	<u>14,5±14,9</u>	<u>0,20±0,07</u>
	109,6	102,7	35,0
1998	<u>114,0±127,6</u>	<u>15,3±19,8</u>	<u>0,15±0,07</u>
	111,9	129,4	46,6
1999	<u>212±226,2</u>	<u>21,5±24,3</u>	<u>0,11±0,05</u>
	106,7	113,0	45,4
2000	<u>202,3±238,5</u>	<u>23,7±33,8</u>	<u>0,11±0,05</u>
	117,9	142,6	45,4
2001	<u>249,3±245,4</u>	<u>24,6±30,5</u>	<u>0,10±0,05</u>
	98,4	123,9	50,0

Примечание: среднее значение и стандартное отклонение – числитель; коэффициент вариации – знаменатель.

Выполненный корреляционный анализ между  $n_c$  и  $Z_{нр}$  с  $K_c$  также показал, что корреляция между этими параметрами достаточно слабая, отрицательная.

На следующем этапе было изучено распределение показателей  $n_c$ ,  $Z_{нр}$  и  $K_c$  по годам и по месторождениям. Для каждого из изучаемых параметров были рассчитаны основные статистические характеристики, построены гистограммы распределения и корреляционные поля. В результате проведенного анализа было установлено, что соотношения между этими параметрами существенно меняются во времени и зависят от особенностей изучаемых месторождений. В связи с этим построение статистических моделей зависимости  $Z_{нр}$  от  $n_c$  произведем в нескольких вариантах:

- а) построение линейной модели  $Z_{нр}^0$  с использованием всех данных;  
 б) построение линейных моделей  $Z_{нр}^M$  по каждому месторождению отдельно (в данном случае используются значения  $n_c$  и  $Z_{нр}$  по годам);  
 в) построение линейных моделей  $Z_{нр}^T$  по годам (в этом случае используются данные по всем месторождениям в течение одного года);  
 г) построение многомерной модели  $Z_{нр}^K$  (в этом случае используются данные по значениям  $Z_{нр}$  по трем вышеприведенным вариантам).

Модель, построенная по всем данным, имеет следующий вид:

$$Z_{нр}^0 = 0,061 + 0,117 n_c \text{ при } r=0,95; t_p > t_t.$$

Модели, построенные по месторождениям по варианту «б», приведены в табл. 2.

Таблица 2

Линейные модели для определения доказанных разбуренных неразрабатываемых запасов по месторождениям

Месторождение	Линейная модель
Южно-Покачевское	$Z_{нр}^M = 73,91 + 0,121 n_c$ $r = 0,85$ , $t_p > t_t$
Нивагальское	$Z_{нр}^M = 17,84 + 0,030 n_c$ $r = 0,96$ , $t_p > t_t$
Локосовское	$Z_{нр}^M = -0,03 + 0,085 n_c$ $r = 0,97$ , $t_p > t_t$
Урьевское	$Z_{нр}^M = 5,19 + 0,092 n_c$ $r = 0,99$ , $t_p > t_t$
Покамасовское	$Z_{нр}^M = 0,85 + 0,077 n_c$ $r = 0,83$ , $t_p > t_t$
Чумпасское	$Z_{нр}^M = 9,38 + 0,055 n_c$ $r = 0,87$ , $t_p > t_t$
Поточное	$Z_{нр}^M = -14,11 + 0,149 n_c$ $r = 0,73$ , $t_p < t_t$
Лас-Еганское	$Z_{нр}^M = 4,96 + 0,059 n_c$ $r = 0,97$ , $t_p > t_t$
Северо-Поточное	$Z_{нр}^M = 5,45 + 0,044 n_c$ $r = 0,94$ , $t_p > t_t$
Западно-Покамасовское	$Z_{нр}^M = 0,24 + 0,103 n_c$ $r = 0,99$ , $t_p > t_t$

Из табл. 2 видно, что для моделей, построенных по месторождениям, наиболее тесные связи получены по Урьевскому и Западно-Покамасовскому месторождениям. Связи несколько слабее, но статистически значимые, наблюдаем по Нивагальскому, Северо-Поточному, Южно-Покачевскому, Покамасовскому, Чумпасскому месторождениям, и только по Поточному месторождению связь между  $Z_{нр}$  и  $n_c$  статистически незначима. Для моделей, построенных по годам (вариант «в»), при статистической значимости всех связей, наблюдается увеличение силы связи между  $Z_{нр}$  и  $n_c$  во времени (табл. 3).

Таблица 3

Линейные модели для определения доказанных разбуренных  
неразрабатываемых запасов по годам анализа

Годы	Линейная модель		
1996	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = 2,42 + 0,118 n_{\text{с}}$	$r = -0,81$ ,	$t_p > t_t$
1997	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = 1,63 + 0,143 n_{\text{с}}$	$r = 0,94$ ,	$t_p > t_t$
1998	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = 1,56 + 0,120 n_{\text{с}}$	$r = 0,97$ ,	$t_p > t_t$
1999	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = -1,22 + 0,107 n_{\text{с}}$	$r = 0,98$ ,	$t_p > t_t$
2000	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = -4,61 + 0,140 n_{\text{с}}$	$r = 0,99$ ,	$t_p > t_t$
2001	$Z_{\text{нр}}^{\text{р}} = -5,28 + 0,120 n_{\text{с}}$	$r = 0,97$ ,	$t_p > t_t$

С целью построения статистической модели, учитывающей все многообразие соотношений между  $Z_{\text{нр}}$  и  $n_{\text{с}}$ , с помощью использования пошагового регрессионного анализа построена многомерная модель, имеющая следующий вид:

$$Z_{\text{нр}}^{\text{к}} = 0,038 + 0,857 Z_{\text{нр}}^{\text{л}} + 0,596 Z_{\text{нр}}^{\text{р}} - 0,452 Z_{\text{нр}}^{\text{0}} \text{ при } r = 0,99; F_p/F_t = 290,1.$$

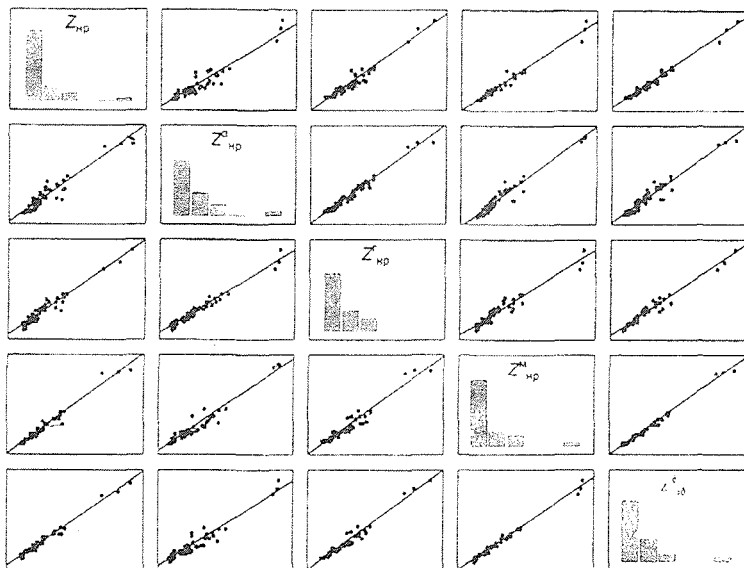


Рис. Сопоставление значений  $Z_{\text{нр}}$  по данным *M&L* с результатами, полученными с использованием статистических моделей

По построенным моделям выполнено вычисление значений  $Z_{\text{нр}}^*$  для каждого месторождения и для каждого года анализа. Сопоставление значений  $Z_{\text{нр}}$  по данным аудита *M&L* с результатами, полученными с использованием статистических моделей, приведено на рисунке. Отсюда видно, что результаты, полученные по многомерной модели, наиболее хорошо коррелируются с данными *M&L* ( $r=0,99$ ;  $t_p > t_{\alpha}$ ). Все вышеизложенное показывает, что использование особенностей взаимозависимостей между  $Z_{\text{нр}}$  и  $n_c$  по вышеописанным вариантам позволили построить многомерную математическую модель, наилучшим образом описывающую связь между доказанными разбуренными неразрабатываемыми запасами по данным *M&L* и количеством запланированных мероприятий.

Получено 12.05.03

УДК 622.276

Галёв Х.А. Аль-Бори

*Пермский государственный технический университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ТЕКУЩЕЙ ПЛОТНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЭВМ**

Краткая характеристика нового алгоритмического и программного обеспечения, предназначенного для построения карты плотности текущих остаточных подвижных запасов нефти разрабатываемой залежи по данным о начальных запасах и накопленной добыче нефти в целом по залежи, текущей обводненности продукции каждой из добывающих скважин, размещении нагнетательных скважин, накопленной закачке по каждой из действующих или ранее действовавших нагнетательных скважин.

Если разработка нефтяной залежи с самого ее начала не сопровождалась послышным мониторингом добычи и закачки по отдельным скважинам, для отображения текущего состояния залежи как эксплуатационного объекта приходится использовать плоские (двумерные, противопоставляемые объемным, трехмерным) горно-геометрические модели, среди которых одной из наиболее высоконформативных нужно признать карту (числовую модель) поля плотности остаточных запасов подвижной нефти. В принципе модель поля текущей плотности остаточных (подвижных или всех) запасов нефти можно построить по тем же алгоритмам, которыми пользуются при построении модели поля плотности начальных запасов, работая с фактическими данными об абсолютных отметках ограничивающих залежь поверхностей, эффективных толщинах, коэффициентах пористости, нефтенасыщенности и значениях других параметров, характеризующих текущие, а не начальные состояния конкретных скважин, но на большинстве эксплуатационных объектов система мониторинга не столь совершенна, чтобы она могла обеспечить нас всей информацией,