

# О ВЛИЯНИИ СТЕПЕНИ РАЗБУРЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЗАПАСЫ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТПП "ЛАНГЕПАСНЕФТЕГАЗ"

И. Э. Мандрик  
(НК "ЛУКОЙЛ"),

В. И. Галкин, А. В. Растегаев

(Пермский государственный технический университет)

При оценке запасов углеводородов существенное влияние на их величину оказывает степень разбуренности месторождений. Проанализируем, как влияет этот параметр на запасы, рассчитанные по российской и международной SPE классификациям. Для этого изучим статистические связи запасов различных категорий и экономических показателей разработки десяти месторождений ТПП "Лангепаснефтегаз" за период с 1996 по 2001 г. с количеством скважин эксплуатационного фонда ( $N_{\text{скв.}}$ ). Всего было рассчитано 672 коэффициента линейной корреляции  $r$ , часть из которых приведена в табл. 1—3.

Анализ корреляционных полей, построенных для временного диапазона 1996—2001 гг., между изучаемыми показателями и количеством эксплуатационных скважин позволил установить, что во многих случаях точки распределяются в виде двух обособленных областей. Поэтому исследуем, как происходит изменение изучаемых связей между  $N_{\text{скв.}}$  и показателями во времени. Для анализа распределения точек во времени вычислим значения  $r$  для четырех вариантов. Каждому варианту будет соответствовать промежуток времени в три года, а последующий вариант будет отличаться от предыдущего смещением исследований на один год. Таким образом, первому варианту будет соответствовать период времени 1996—1998 гг., второму — 1997—1999 гг., третьему — 1998—2000 гг. и четвертому — 1999—2001 гг.

На первом этапе рассмотрим связи между  $N_{\text{скв.}}$  и остаточными извлекаемыми запасами, рассчитанными по российской классификации. Из табл. 1 видно, что за 1996—2001 гг. связь между запасами категории  $A+B+C_1$  ( $Q_{ABC_1}$ ) отрицательная незначимая, при этом в первом варианте связь положительная, в остальных трех — отрицательная. Коэффициенты корреляции  $r$  между  $Q_{ABC_1}$  и  $N_{\text{скв.}}$  в рас-

Дан анализ влияния количества скважин эксплуатационного фонда на экономические показатели разработки и различные категории запасов, рассчитанных по российской и международной SPE классификациям, по десяти месторождениям ТПП "Лангепаснефтегаз" за период с 1996 по 2001 г.

считываемых четырех вариантах изменяются во времени по зависимости

$$r_i = 1008,9 - 0,505 \Gamma$$

$$\text{при } r = -0,78, t_p < t_i,$$

где  $\Gamma$  — год анализа.

Изучение связей запасов категории  $C_2(Q_{C_2})$  с  $N_{\text{скв.}}$  показало, что они аналогичны рассмотренным выше (см. табл. 1). Во времени значения  $r_i$  определяются соотношением

$$r_i = 849,02 - 0,425 \Gamma \text{ при } r = -0,92, t_p < t_i.$$

Достаточно близкие по силе и направленности связи наблюдаются при сопоставлении запасов категории  $A+B+C_1+C_2$  ( $Q_{A-C_2}$ ) и  $N_{\text{скв.}}$ . Выражение для  $r_i$  имеет вид:

$$r_i = 1114,82 - 0,558 \Gamma \text{ при } r = -0,84, t_p < t_i.$$

Анализа показал, что положительные корреляционные связи между запасами российских категорий и количеством эксплуатационных скважин характерны только для периода 1996—1998 гг. Для последующих рассматриваемых промежутков времени отмечена смена знака корреляции. Это объясняется тем, что по ряду месторождений за последние годы произошло значительное списание запасов, приведшее к нарушению соотношения между величиной запасов и количеством эксплуатационных скважин.

Таблица 1

Связь остаточных извлекаемых запасов по российской квалификации с количеством эксплуатационных скважин

Временной диапазон	Оценка ОАО "ЛУКОЙЛ", млн баррелей		
	$A+B+C_1$	$C_2$	$A+B+C_1+C_2$
1996—2001 гг.	$Q_{ABC_1} = 23774 - 3,156 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,63, t_p < t_i$	$Q_{C_2} = 1463 - 0,168 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,63, t_p < t_i$	$Q_{A-C_2} = 25977 - 3,428 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,62, t_p < t_i$
1996—1998 гг.	$Q_{ABC_1} = -0,539 + 1,144 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,89, t_p < t_i$	$Q_{C_2} = -44,97 + 0,053 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,48, t_p < t_i$	$Q_{A-C_2} = -6517 + 1,362 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,92, t_p < t_i$
1997—1999 гг.	$Q_{ABC_1} = 56731 - 7,876 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,68, t_p < t_i$	$Q_{C_2} = 1617,8 - 0,189 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,29, t_p < t_i$	$Q_{A-C_2} = 60726 - 8,402 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,65, t_p < t_i$
1998—2000 гг.	$Q_{ABC_1} = 165700 - 23,54 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,87, t_p < t_i$	$Q_{C_2} = 8881,6 - 1,233 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,76, t_p < t_i$	$Q_{A-C_2} = 184100 - 26,13 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,86, t_p < t_i$
1999—2001 гг.	$Q_{ABC_1} = 17054 - 2,232 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,84, t_p < t_i$	$Q_{C_2} = 1514,1 - 1,177 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,78, t_p < t_i$	$Q_{A-C_2} = 20051 - 2,621 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,87, t_p < t_i$

Статистические связи доказанных разрабатываемых запасов по SPE с другими показателями за период 1996—2001 гг.

Показатели	Месторождения									
	Южно-Покачевское	Нивагальское	Локозовское	Урьевское	Покамазовское	Чумпаское	Потоchnое	Лас-Еганское	Северо-Потоchnое	Западно-Покамазовское
Оценка ОАО "ЛУКойл" (млн баррелей)										
A+B+C <sub>1</sub>	0,09	-0,54	-0,77	0,86*	-0,54	-0,25	-0,63	0,25	-0,75	—
C <sub>2</sub>	-0,52	-0,63	—	-0,94*	0,51	—	-0,57	-0,24	-0,46	—
A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	0,61	-0,56	-0,77	0,43	-0,53	-0,25	-0,63	0,13	-0,75	—
Оценка M&L (млн баррелей)										
Разрабатываемые	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Неразрабатываемые	-0,55	0,62	0,24	-0,80	0,56	0,69	-0,63	-0,42	0,88*	—
Неразбуренные	0,11	-0,76	0,47	-0,53	0,06	0,77	0,63	0,56	-0,77	—
Сумма доказанных запасов	0,30	-0,79	0,79	-0,09	0,85*	0,99*	0,01	0,40	0,96*	—
Вероятные	0,57	0,51	-0,22	0,12	-0,47	-0,88*	-0,49	0,40	-0,74	—
Возможные	0,17	0,21	-0,59	0,97*	0,12	-0,27	0,12	0,51	-0,94*	—
Сумма всех запасов	0,53	-0,37	0,57	0,41	0,67	0,18	-0,04	0,87*	-0,67	—
% доказанных запасов M&L от A+B+C <sub>1</sub>	0,18	0,58	0,90*	-0,30	0,84*	0,99*	0,78	0,32	0,95*	—
% суммы всех категорий M&L от A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	0,40	0,68	0,89*	0,36	0,79	0,47	0,73	0,80	-0,62	—
Экономические показатели:										
Операционные затраты	0,61	-0,31	0,87*	0,35	0,40	-0,09	0,59	0,77	0,47	—
Роялти	0,56	0,07	0,91*	-0,44	0,54	0,37	0,82*	0,44	0,67	—
Будущие капитальные затраты	0,19	-0,76	0,76	0,56	-0,23	-0,33	-0,01	0,31	0,46	—
Будущий дисконтированный доход	0,59	-0,42	0,71	0,41	0,60	0,04	-0,31	0,53	-0,27	—

\* Корреляционная связь есть.

Таблица 3

Связь различных категорий запасов по классификациям SPE с количеством скважин (оценка M&amp;L, млн баррелей)

Временной диапазон	Сумма доказанных запасов — Q <sub>D</sub>	Вероятные запасы — Q <sub>P</sub>	Возможные запасы — Q <sub>V</sub>	Сумма всех категорий запасов — Q <sub>C</sub>
1996—2001 гг.	$Q_D = 1122 + 0,001N_{скв.};$ $r = 0,004, t_p < t_t$	$Q_P = -2162 + 0,377N_{скв.};$ $r = 0,33, t_p < t_t$	$Q_V = 2093,2 - 0,2772N_{скв.};$ $r = -0,37, t_p < t_t$	$Q_C = 1051,2 + 0,102N_{скв.};$ $r = 0,05, t_p < t_t$
1996—1998 гг.	$Q_D = -1140 + 0,335N_{скв.};$ $r = 0,73, t_p < t_t$	$Q_P = -6781 + 1,060N_{скв.};$ $r = 0,69, t_p < t_t$	$Q_V = -461,4 + 0,101N_{скв.};$ $r = 0,47, t_p < t_t$	$Q_C = -8379 + 1,495N_{скв.};$ $r = 0,68, t_p < t_t$
1997—1999 гг.	$Q_D = 8292,8 - 1,031N_{скв.};$ $r = -0,89, t_p < t_t$	$Q_P = 21697 - 0,94N_{скв.};$ $r = -0,94, t_p < t_t$	$Q_V = 13578,0 - 1,937N_{скв.};$ $r = -0,74, t_p < t_t$	$Q_C = 43577 - 6,033N_{скв.};$ $r = -0,87, t_p < t_t$
1998—2000 гг.	$Q_D = 2340,4 - 0,173N_{скв.};$ $r = -0,10, t_p < t_t$	$Q_P = -6688,8 - 0,901N_{скв.};$ $r = -0,25, t_p < t_t$	$Q_V = 6717,8 - 0,945N_{скв.};$ $r = -0,20, t_p < t_t$	$Q_C = 15662 - 2,008N_{скв.};$ $r = -0,20, t_p < t_t$
1999—2001 гг.	$Q_D = 338,1 + 0,111N_{скв.};$ $r = 0,13, t_p < t_t$	$Q_P = -18700 + 2,724N_{скв.};$ $r = 0,99, t_p > t_t$	$Q_V = -15100 + 2,181N_{скв.};$ $r = 0,86, t_p < t_t$	$Q_C = -32200 + 4,849N_{скв.};$ $r = 0,89, t_p < t_t$

Связь экономических показателей с количеством скважин

Временной диапазон	Операционные затраты — $Z_0$ , млн дол.	Роялти — $R$ , млн дол.	Будущие капитальные затраты — $Z_K$ , млн дол.	Будущий дисконтированный доход — $D$ , млн дол.	Капитализация 1 барреля нефти — $K$ , дол.
1996—2001 гг.	$Z_0 = 3989,3 + 0,030 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,002, t_p < t_l$	$R = 16700 + 2,590 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,41, t_p < t_l$	$Z_K = 7113,6 - 0,891 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,31, t_p < t_l$	$D = 2789 - 0,129 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,02, t_p < t_l$	$K = 2429 - 0,0001 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,02, t_p < t_l$
1996—1998 гг.	$Z_0 = 5462 + 1,472 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,96, t_p < t_l$	$R = 12463 - 1,676 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,99, t_p < t_l$	$Z_K = -259,7 + 0,201 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,26, t_p < t_l$	$D = -462,2 + 0,365 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,28, t_p < t_l$	$K = 4,38 - 0,0004 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,75, t_p < t_l$
1997—1999 гг.	$Z_0 = 169700 - 23,98 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,64, t_p < t_l$	$R = 19008 - 2,630 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,82, t_p > t_l$	$Z_K = 30737 - 4,313 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,48, t_p < t_l$	$D = 96096 - 13,65 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,74, t_p < t_l$	$K = 74,38 - 0,010 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,69, t_p < t_l$
1998—2000 гг.	$Z_0 = 116000 - 16,18 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,99, t_p > t_l$	$R = -186000 + 26,855 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,84, t_p < t_l$	$Z_K = 63844 - 9,053 N_{\text{скв.}}$ $r = -0,47, t_p < t_l$	$D = -121000 + 17,741 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,38, t_p < t_l$	$K = -110,6 + 0,016 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,39, t_p < t_l$
1999—2001 гг.	$Z_0 = -470000 + 67,772 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,99, t_p > t_l$	$R = -136000 + 19,64 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,84, t_p < t_l$	$Z_K = -75700 + 10,935 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,99, t_p > t_l$	$D = -150000 + 21,787 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,69, t_p < t_l$	$K = -135,9 + 0,019 N_{\text{скв.}}$ $r = 0,73, t_p < t_l$

На втором этапе рассмотрим связи между  $N_{\text{скв.}}$  и различными категориями запасов по международной классификации *SPE*, подсчет которых производился независимой инжиниринговой фирмой *Miller & Lents (M&L)*. Были проанализированы следующие категории запасов — доказанные: разрабатываемые  $Q_R$ , неразрабатываемые  $Q_N$ , их сумма (разбуренные)  $Q_{RN}$ , неразбуренные  $Q_{NB}$ , сумма всех доказанных запасов  $Q_D$ , а также вероятные  $Q_P$ , возможные  $Q_V$  и сумма всех категорий  $Q_C$ .

Для разрабатываемых доказанных запасов связь их с  $N_{\text{скв.}}$  в диапазоне 1996—2001 гг. слабая отрицательная, тогда как при рассмотрении временных вариантов установлена тенденция изменения коэффициента  $r$  от отрицательных значений к положительным (см. табл. 2) по зависимости:

$$r_t = -1031,0 + 0,516 \Gamma \text{ при } r = 0,78, t_p < t_l.$$

Неразрабатываемые доказанные запасы характеризуются во всех случаях положительными связями с  $N_{\text{скв.}}$ , при этом наблюдается их изменение во времени по формуле

$$r_t = 444,33 - 0,222 \Gamma \text{ при } r = -0,90, t_p < t_l.$$

Связь между разбуренными запасами и  $N_{\text{скв.}}$  в интервале 1996—2001 гг. положительная, статистически значимая, при этом прослеживается тенденция увеличения значений  $r$  в рассматриваемых вариантах (см. табл. 2). Отметим, что в диапазоне 1999—2001 гг. связь практически функциональна ( $r = 0,99$ ). Все это показывает, что со временем данные запасы все более тесно увязываются с разбуренностью месторождений. Изменение значений  $r$  во времени для  $Q_{RN}$  происходит по зависимости:

$$r_t = -261,0 + 0,131 \Gamma \text{ при } r = 0,73, t_p < t_l.$$

Доказанные неразбуренные запасы за период 1996—2001 гг. характеризуются отрицательными

связями с  $N_{\text{скв.}}$ . Что касается этих связей в четырех рассмотренных временных интервалах, то в первом варианте связь между  $Q_{NB}$  и  $N_{\text{скв.}}$  положительная, в остальных — связи отрицательные (см. табл. 2).

Сумма доказанных запасов слабо коррелирует с  $N_{\text{скв.}}$ , о чем свидетельствует очень низкое значение  $(-0,19)$  коэффициента  $r_t$ .

Достаточно слабые корреляционные связи имеются между запасами  $Q_P$ ,  $Q_V$ ,  $Q_C$  и  $N_{\text{скв.}}$  (см. табл. 3). Однако по этим низким категориям запасов отмечается усиление связи в анализируемом четвертом варианте (1999—2001 гг.). Связи между  $Q_P$ ,  $Q_V$ ,  $Q_C$  и  $N_{\text{скв.}}$  в данном случае более сильные, чем в первых трех.

Статистические связи экономических показателей разработки с количеством добывающих скважин приведены в табл. 4. Связи операционных затрат ( $Z_0$ ), роялти ( $R$ ), будущих капитальных затрат ( $Z_K$ ), будущего дисконтированного дохода ( $D$ ), капитализации одного барреля нефти ( $K$ ) с  $N_{\text{скв.}}$  за период 1996—2001 гг. являются разнонаправленными и слабыми. Невысокая корреляция установлена при рассмотрении первых трех временных вариантов, и только при сопоставлении данных за период 1999—2001 гг. все изучаемые связи оказались сильными и положительными. Отметим, что связи  $Z_0$  и  $Z_K$  с  $N_{\text{скв.}}$  за последний анализируемый временной интервал статистически значимы.

Таким образом, анализ показал, что статистические связи практически всех рассматриваемых категорий запасов по международной классификации *SPE*, а также экономических показателей разработки с количеством добывающих скважин за последние годы значительно усилились, что свидетельствует о целенаправленности и учете экономических условий при разработке месторождений.