

УДК 553.98:622.275.1/.4

ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПО ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

С.А. Иванов, В.И. Галкин, А.В. Растегаев
(ТТП «Когалымнефтегаз», Пермский государственный технический университет)

Вероятностно-статистический анализ, геолого-технологические показатели, эффективность ГРП, многомерные модели

Probabilistic-statistical analysis, geological and technological parameters, HFH efficiency, multidimensional models

Prediction of hydraulic fracturing efficiency based on geological and technological parameters. Ivanov S.A., Galkin V.I., Rastegaev A.V.

The geological and technological parameters influencing on HFH efficiency are determined basing on the probabilistic-statistical analysis. Multidimensional models have been generated that permit to predict the efficiency of HFH using the above parameters. Table 1, ref. 2.

Для прогноза эффективности гидравлического разрыва пласта (ГРП) на Повховском (пласт БВ₈) и Тевлинско-Русскином (пласт БС₁₀²⁻³) месторождениях, расположенных на территории деятельности ТТП «Когалымнефтегаз», построен ряд многомерных моделей с использованием геологических показателей, а также показателей, характеризующих условия проведения ГРП и разработки, условно назовем их технологическими показателями. Модели строились по результатам проведения ГРП более чем в семистах скважинах с 2004 по 2008 годы.

Оценку эффективности ГРП выполним по величине среднегодового прироста дебита dQ_{Γ} . Будем считать, что ГРП является малоэффективным, если dQ_{Γ} менее 8 т/сут. (класс 1), если dQ_{Γ} находится в интервале от 8 до 16 т/сут, то эффективность ГРП средняя (класс 2) и при dQ_{Γ} более 16 т/сут – высокая (класс 3). Для каждого месторождения построили по три группы моделей. Первая группа статистических моделей построена только по геологическим показателям, вторая – по технологическим, третья – по совокупности геолого-технологических показателей.

При разработке первой группы моделей первоначально были построены индивидуальные вероятностные модели по геологическим показателям [1]. Для этого использовали следующие группы показателей: а) различные мощности пластов: общая – m_0 ; песчаников – $m_{\text{песч}}$; глинистых – $m_{\text{гл}}$; нефтенасыщенная – $m_{\text{нн}}$; максимальная $m_{\text{MAX}_{\text{гл}}}$, минимальная $m_{\text{MIN}_{\text{гл}}}$ и средняя $m_{\text{CP}_{\text{гл}}}$ песчаного пропластка; максимальная $m_{\text{MAX}_{\text{песч}}}$, минимальная $m_{\text{MIN}_{\text{песч}}}$ и средняя $m_{\text{CP}_{\text{песч}}}$ глинистого пропластка; б) количество прослоев: песчаных – $n_{\text{песч}}$; глинистых – $n_{\text{гл}}$; количество пачек – $n_{\text{пач}}$; количество пачек и пропластков – $n_{\text{пачп}}$; в) различные коэффициенты: песчаности – $K_{\text{песч}}$; пористости – $K_{\text{пор}}$, его минимальное

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

$K_{\text{ПОР}_{\min}}$ и максимальное $K_{\text{ПОР}_{\max}}$ значение по пласту; проницаемости – $K_{\text{ПРОН}}$; нефтенасыщенности – $K_{\text{НН}}$; интегрированный коэффициент неоднородности – ИКН; γ) кроме этого использованы: БПС; абсолютные отметки залегания кровли $H_{\text{КР}}$ и подошвы $H_{\text{ПОД}}$ пласта.

При разработке второй группы моделей сначала построили индивидуальные вероятностные модели по следующим технологическим показателям: обводненность продукции после ГРП $W_{\text{ГРП}}$ и текущая $W_{\text{Т}}$, отношение $W_{\text{ГРП}}$ к $W_{\text{Т}}$ – K_{W} ; количество компонентов проппанта – $n_{\text{КОМП}}$, объем проппанта – $V_{\text{ПР}}$, интервал перфорации – $N_{\text{ПЕРФ}}$, начальное пластовое давление – $P_{\text{ПЛ}}$, изменение пластового давления – $dP_{\text{ПЛ}}$, объем добытой нефти $V_{\text{ННР}}$ и воды $V_{\text{ВНР}}$ с начала разработки до проведения ГРП; уровень динамической жидкости в скважине до проведения ГРП – $H_{\text{Д}}$, после – $H_{\text{П}}$ и текущий – $H_{\text{Т}}$.

На основании индивидуальных вероятностей были построены многомерные модели и вычислены условные комплексные вероятности по геологическим $P_{\text{УКВ}_{\text{Г}}}$ и технологическим $P_{\text{УКВ}_{\text{Т}}}$ показателям [2]. Эффективность работоспособности построенных моделей для Повховского и Тевлинско-Русского месторождений оценивалась с помощью сравнения средних значений по критерию Стьюдента t и сравнением распределений по критерию χ^2 по выделенным классам (таблица).

К обоснованию модели прогноза эффективности ГРП

Вероятности	Класс эффективности по ГРП			$t_{1,2}$ $P_{1,2}$	$t_{2,3}$ $P_{2,3}$	$t_{1,3}$ $P_{1,3}$
	1	2	3	$\chi^2_{1,2}$ $P_{1,2}$	$\chi^2_{2,3}$ $P_{2,3}$	$\chi^2_{1,3}$ $P_{1,3}$
Повховское месторождение						
$P_{\text{УКВ}_{\text{Г}}}$	0,341±0,227	0,452±0,222	0,587±0,183	$\frac{-4,687}{0,000004}$	$\frac{-6,190}{0,000000}$	$\frac{-11,549}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{13,145}{0,001398}$	$\frac{38,872}{0,000000}$	$\frac{94,045}{0,000000}$
$P_{\text{УКВ}_{\text{Т}}}$	0,246±0,398	0,441±0,450	0,713±0,409	$\frac{-4,406}{0,000014}$	$\frac{-5,873}{0,000000}$	$\frac{-11,309}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{32,053}{0,000000}$	$\frac{32,091}{0,000000}$	$\frac{138,549}{0,000000}$
$P_{\text{ЛДА}}$	0,284±0,248	0,489±0,289	0,686±0,256	$\frac{-7,062}{0,000000}$	$\frac{-6,661}{0,000000}$	$\frac{-15,176}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{47,349}{0,000000}$	$\frac{39,425}{0,000000}$	$\frac{171,121}{0,000000}$
$P_{\text{ЛДА}}^3$	0,246±0,241	0,499±0,310	0,717±0,261	$\frac{-8,468}{0,000000}$	$\frac{-6,925}{0,000000}$	$\frac{-17,802}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{66,530}{0,000000}$	$\frac{41,169}{0,000000}$	$\frac{219,367}{0,000000}$
$P_{\text{ЛДА}}^5$	0,234±0,239	0,504±0,323	0,726±0,264	$\frac{-8,877}{0,000000}$	$\frac{-7,041}{0,000000}$	$\frac{-18,589}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{74,789}{0,000000}$	$\frac{41,544}{0,000000}$	$\frac{228,723}{0,000000}$
Тевлинско-Русское месторождение						
$P_{\text{УКВ}_{\text{Г}}}$	0,404±0,373	0,520±0,330	0,603±0,338	$\frac{-1,606}{0,110479}$	$\frac{-1,034}{0,303455}$	$\frac{-3,024}{0,002957}$
–	–	–	–	$\frac{3,073}{0,215000}$	$\frac{1,705}{0,426000}$	$\frac{14,747}{0,000628}$
$P_{\text{УКВ}_{\text{Т}}}$	0,267±0,283	0,598±0,346	0,841±0,227	$\frac{-5,757}{0,000000}$	$\frac{-3,795}{0,000285}$	$\frac{-11,842}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{30,238}{0,000000}$	$\frac{13,106}{0,001426}$	$\frac{86,742}{0,000000}$
$P_{\text{ЛДА}}$	0,328±0,228	0,605±0,300	0,678±0,245	$\frac{-4,771}{0,083942}$	$\frac{-1,215}{0,198657}$	$\frac{-6,978}{0,650696}$
–	–	–	–	$\frac{22,766}{0,000008}$	$\frac{1,475}{0,228062}$	$\frac{48,699}{0,000000}$
$P_{\text{ЛДА}}^2$	0,021±0,061	0,588±0,467	0,925±0,225	$\frac{-8,078}{0,000000}$	$\frac{-4,259}{0,000008}$	$\frac{-25,955}{0,000000}$
–	–	–	–	$\frac{65,254}{0,000000}$	$\frac{18,141}{0,000056}$	$\frac{673,643}{0,000000}$

Для обоих месторождений значения $\bar{P}_{\text{УКВ}_{\text{Г}}}$ и $\bar{P}_{\text{УКВ}_{\text{Т}}}$ для 1 класса ниже 0,5, для 2 класса – близки к 0,5 и для 3 класса – выше 0,5 (см. таблицу). Вычисленные значения t и χ^2 показывают, что средние значения и распределения значе-

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

ний являются статистически различными по классам эффективности ГРП, причем максимальное отличие наблюдается между 1 и 3 классами. Процент верного распознавания для Повховского месторождения по $R_{УКВ_Г}$ для 1 класса равен 57,6, для 3 класса – 66,5; по $R_{УКВ_Т}$ – соответственно 81,5; 71,5. Для Тевлинско-Русскинского месторождения распознаваемость по $R_{УКВ_Г}$ для 1 класса равна 81,4%, для 3 класса – 68,0%; по $R_{УКВ_Т}$ – соответственно 82,7%; 81,8%.

При разработке третьей группы моделей использовали пошаговый линейный дискриминантный анализ (ПЛДА), позволяющий определить совокупность признаков, которая наилучшим образом оценивает эффективность проведения ГРП.

Для Повховского месторождения построено несколько моделей [2]. При построении первой комплексной модели использовалась совокупность геолого-технологических показателей в пределах всей площади распространения пласта БВ₈. В результате реализации ПЛДА получена следующая линейная дискриминантная функция (ЛДФ):

$$Z = -0,0421W_T + 0,0034V_{ННР} - 0,0741m_{ПЕСЧ} + 0,0405m_{ГЛ} + 0,0216K_{ПЕСЧ} + 0,0698n_{ПАЧП} + 0,0010K_{ПРОН} + 0,0541m_{НН} + 0,0035H_{КР} + 0,0110m_{СР_ГП} + 9,3450;$$

при $R = 0,61$; $\chi^2 = 164,16$; $p = 0,0000$.

Среднее значение Z для 1 класса равно 0,752; для 3 класса – 0,773. Процент верного распознавания для 1 класса равен 83,7, для 3 класса – 76,5. Соотношение между величиной Z и вероятностью принадлежности к 3 классу эффективности ГРП ($P_{ЛДА}$) имеет вид

$$P_{ЛДА} = 0,487 + 0,333Z + 0,0037Z^2 - 0,0236Z^3.$$

По данной зависимости выполнены расчеты для всех скважин и определены средние значения $P_{ЛДА}$ для изучаемых классов, которые по критерию t являются статистически различными (см. таблицу). Средние значения для $P_{ЛДА}$ для 1 класса значительно меньше 0,5, для 2 – близки к 0,5, для 3 класса – выше 0,5.

Следующие модели для Повховского месторождения построены по совокупности геолого-технологических показателей с учетом районирования пласта БВ₈ по площади. В качестве критериев районирования территории пласта БВ₈ на зоны использовалось значение $R_{УКВ_Г}$ и нефтенасыщенная толщина пласта БВ₈. Анализ показал, что в центральной части месторождения, где располагаются наиболее тонкие нефтенасыщенные пласты, процент верного распознавания по $R_{УКВ}$ хуже, чем в юго-западной и северо-восточной частях. Это послужило основанием для построения индивидуальных моделей по этим зонам.

Для юго-западной части ЛДФ имеет вид

$$Z_{Ю} = 0,0392W_T - 0,0942n_{ГЛ} - 0,0942K_{ПРОН} - 0,0132m_{НН} + 0,0155m_{МИН_ГП} - 0,0166m_{СР_ГП} - 1,5665; \text{ при } R = 0,62; \chi^2 = 51,32; p = 0,0000.$$

Среднее значение $Z_{Ю}$ для 1 класса равно 0,803, для 3 класса – 0,716. Процент верного распознавания для 1 класса равен 87,0, для 3 класса – 77,2. Соотношение между $Z_{Ю}$ и вероятностью принадлежности к 3 классу $P_{ЛДА}^3$ имеет вид

$$P_{ЛДА}^3 = 0,515 - 0,3423 Z_{Ю} - 0,002 Z_{Ю}^2 + 0,0264 Z_{Ю}^3.$$

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

По данной зависимости вычислены значения $P_{\text{лда}}$ для скважин, расположенных на юго-западе Повховского месторождения.

Для центральной части получена следующая ЛДФ:

$$Z_{\text{ц}} = -0,0336W_{\text{T}} + 0,0080V_{\text{ннр}} + 0,2251n_{\text{гл}} + 0,1420n_{\text{пач}} - 0,4392n_{\text{пачп}} + 0,1569m_{\text{нн}} + 2,5425; \text{ при } R = 0,73; \chi^2 = 32,91; p = 0,0000.$$

Среднее значение $Z_{\text{ц}}$ для 1 класса равно 1,062, для 3 класса – 1,020. Процент верного распознавания для 1 класса – 87,5, для 2 класса – 88,0. Соотношение между $Z_{\text{ц}}$ и $P_{\text{лда}}$ ³ имеет вид

$$P_{\text{лда}}^3 = 0,502 + 0,3703 Z_{\text{ц}} + 0,0163 Z_{\text{ц}}^2 - 0,0242 Z_{\text{ц}}^3 - 0,003 Z_{\text{ц}}^4.$$

По данной зависимости вычислены значения $P_{\text{лда}}$ по всем скважинам, расположенным в центральной части Повховского месторождения.

Для северо-восточной части ЛДФ имеет вид

$$Z_{\text{с}} = -0,0485W_{\text{T}} + 0,0042V_{\text{ннр}} + 0,0193m_{\text{гл}} + 0,0018K_{\text{проп}} + 0,0125H_{\text{кр}} + 0,0095m_{\text{мингл}} + 34,5339; \text{ при } R = 0,65; \chi^2 = 107,74; p = 0,0000.$$

Среднее значение $Z_{\text{с}}$ для 1 класса равно 0,707, для 3 класса – 0,892. Процент верного распознавания для 1 класса равен 83,0, для 3 класса – 78,4. Соотношение между $Z_{\text{с}}$ и $P_{\text{лда}}$ имеет вид

$$P_{\text{лда}}^3 = 0,459 + 0,353 Z_{\text{с}} + 0,0092 Z_{\text{с}}^2 - 0,0259 Z_{\text{с}}^3.$$

По данной зависимости вычислены значения $P_{\text{лда}}$ по всем скважинам, расположенным на северо-востоке Повховского месторождения.

По значениям $P_{\text{лда}}$ ³ вычислены средние значения и определены величины t и χ^2 (см. таблицу), которые показывают их статистические различия.

Анализ значений $P_{\text{лда}}$ ³ показал, что прогнозные оценки по $P_{\text{лда}}$ ³ оказались более надежными в пределах центральной части, чем в юго-западной и северо-восточной зонах. Эти зоны по площади более чем в 2 раза превышают центральную зону, поэтому каждую из этих зон разбили на две более мелкие подзоны. Для каждой подзоны обосновали информативные показатели и построили прогнозные модели. Для центральной части использовали ранее разработанную прогнозную модель.

Для 1-й юго-западной подзоны ЛДФ имеет вид

$$Z_{\text{ю1}} = -0,0356W_{\text{T}} + 0,0011m_{\text{гл}} + 0,1432n_{\text{гл}} + 0,0037K_{\text{проп}} + 1,1241; \text{ при } R = 0,61; \chi^2 = 27,57; p = 0,0000.$$

Среднее значение $Z_{\text{ю1}}$ для 1 класса равно 0,747, для 3 класса – 0,771. Процент верного распознавания для 1 класса составил 84,4, для 3 класса – 80,6. Соотношение между $Z_{\text{ю1}}$ и $P_{\text{лда}}$ ⁵ имеет вид

$$P_{\text{лда}}^5 = 0,485 + 0,3371 Z_{\text{ю1}} + 0,005 Z_{\text{ю1}}^2 - 0,0256 Z_{\text{ю1}}^3.$$

По данной зависимости вычислены значения $P_{\text{лда}}$ ⁵ по всем скважинам этой территории.

Для 2-й юго-западной подзоны ЛДФ имеет вид

$$Z_{\text{ю2}} = -0,0456W_{\text{T}} + 0,0464m_{\text{песч}} + 0,0488m_{\text{нн}} - 0,0208H_{\text{кр}} - 0,694m_{\text{мингл}} +$$

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

$$+0,0972m_{\text{МИНГП}} - 51,3732; \text{ при } R = 0,74; \chi^2 = 34,01; p = 0,0000.$$

Среднее значение $Z_{\text{Ю2}}$ для 1 класса равно – 1,1684, для 3 класса – 0,9887. Процент верного распознавания для 1 класса равен 90,9, для 3 класса – 84,6. Соотношение между $Z_{\text{Ю2}}$ и $R_{\text{ЛДА}}^5$ имеет вид

$$R_{\text{ЛДА}}^5 = 0,5802 + 0,4175Z_{\text{Ю2}} - 0,0514Z_{\text{Ю2}}^2 - 0,0438Z_{\text{Ю2}}^3 + 0,0095Z_{\text{Ю2}}^4.$$

По этой зависимости определены значения $R_{\text{ЛДА}}^5$ для данной площади. Для 1-й северо-восточной подзоны ЛДФ следующая:

$$Z_{\text{C1}} = -0,045528W_{\text{T}} + 0,003433V_{\text{ННР}} - 0,011202 K_{\text{ПЕСЧ}} + 0,002415 K_{\text{ПР}} - 0,026056m_{\text{МАКГП}} + 3,502343; \text{ при } R = 0,607; \chi^2 = 41,712; p = 0,0000.$$

Среднее значение Z_{C1} для 1 класса равно – 0,7492, для 3 класса – 0,7651. Правильное распознавание для 1 класса равно 85,4%, для 3 класса – 83,1%. Соотношение между Z_{C1} и $R_{\text{ЛДА}}^5$ имеет вид

$$R_{\text{ЛДА}}^5 = 0,4977 + 0,3481 Z_{\text{C1}} - 0,0160 Z_{\text{C1}}^2 - 0,032 Z_{\text{C1}}^3 + 0,0056 Z_{\text{C1}}^4.$$

По этой зависимости определены значения $R_{\text{ЛДА}}^5$ для данной подзоны. Для 2-й северо-восточной подзоны зоны ЛДФ имеет вид

$$Z_{\text{C2}} = -0,04617W_{\text{T}} + 0,0069V_{\text{ННР}} + 0,8883m_{\text{ПЕСЧ}} + 0,0374m_{\text{ГЛ}} - 0,0671m_{\text{НН}} + 0,0120H_{\text{КР}} + 32,5001; \text{ при } R = 0,69; \chi^2 = 66,77; p = 0,0000.$$

Среднее значение Z_{C2} для 1 класса равно –0,878, для 3 класса – 1,0191. Верное распознавание для 1 класса равно 89,7%, для 3 класса – 80,0%. Соотношение между Z_{C2} и $R_{\text{ЛДА}}^5$ следующее:

$$R_{\text{ЛДА}}^5 = 0,4446 + 0,3615 Z_{\text{C2}} + 0,003 Z_{\text{C2}}^2 - 0,0243 Z_{\text{C2}}^3 + 0,0015 Z_{\text{C2}}^4.$$

По этой зависимости определены значения $R_{\text{ЛДА}}^5$ для данной подзоны.

Средние значения $R_{\text{ЛДА}}^5$ для всех подзон см. в таблице, откуда видно, что по критериям t и χ^2 средние значения вероятности $R_{\text{ЛДА}}^5$ являются статистически различными, а вероятность $R_{\text{ЛДА}}^5$ наилучшим образом делит исследуемую выборку на классы по эффективности ГРП.

Для Тевлинско-Русскинского месторождения на первом этапе построена комплексная модель по геолого-технологическим показателям в пределах всей площади распространения пласта БС₁₀²⁻³. В результате реализации ПЛДА получено следующее уравнение ЛДФ:

$$Z = 0,0471W_{\text{T}} - 0,0159m_{\text{O}} + 0,0115K_{\text{ПЕСЧ}} - 0,0016n_{\text{ПЕСЧ}} - 0,0467n_{\text{ГЛ}} + 0,0542n_{\text{ПАЧП}} + 0,0166\text{ИНК} - 3,2239K_{\text{НН}} - 0,0258m_{\text{НН}} - 0,7385; \text{ при } R = 0,60; \chi^2 = 39,96; p = 0,0000.$$

Среднее значение Z для 1 класса эффективности ГРП равно 1,602; для 3 класса – -1,639. Процент верного распознавания для 1 класса равен 72,9, для 3 класса – 74,5. Соотношение между величиной Z и вероятностью принадлежности к 3 классу эффективности ГРП ($R_{\text{ЛДА}}^5$) имеет вид

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

$$P_{\text{ЛДА}} = 0,4939 + 0,3115Z + 0,0072Z^2 - 0,0166Z^3 - 0,0014Z^4.$$

По данной зависимости вычислены значения $P_{\text{ЛДА}}$ по всем скважинам и определены средние значения для групп по эффективности ГРП (см. таблицу).

На втором этапе, как и в случае с Повховским месторождением, для повышения надежности прогнозов построили модели для более узких территорий: для южной и северной зон, которые были выделены по результатам ПЛДА.

Для южной территории ЛДФ имеет вид

$$\begin{aligned} Z_{\text{Ю}} = & 0,0569W_{\text{T}} - 0,0072m_{\text{O}} + 0,0343K_{\text{ПЕСЧ}} - 0,0493n_{\text{ПЕСЧ}} - 0,0116n_{\text{ГЛ}} + \\ & + 0,0250n_{\text{ПАЧП}} - \\ & - 0,0738\text{ИНК} - 1,1901K_{\text{НН}} - 0,0088m_{\text{НН}} - 3,0064; \text{ при } R = 0,88; \chi^2 = 89,43; p = \\ & 0,0000. \end{aligned}$$

Среднее значение $Z_{\text{Ю}}$ для 1 класса равно 1,843, для 3 класса – -1,901. Процент верного распознавания для 1 класса составил 100,0, для 3 класса – 87,5. Соотношение между $Z_{\text{Ю}}^1$ и $P_{\text{ЛДА}}^5$ имеет вид

$$P_{\text{ЛДА}}^2 = 0,4465 - 0,3688 Z_{\text{Ю}} + 0,0089 Z_{\text{Ю}}^2 + 0,0218 Z_{\text{Ю}}^3 + 0,0002 Z_{\text{Ю}}^4.$$

Для северной зоны ЛДФ имеет вид

$$\begin{aligned} Z_{\text{С}} = & -0,0642W_{\text{T}} + 0,0115m_{\text{O}} + 0,0531m_{\text{ПЕСЧ}} - 0,1511n_{\text{ПЕСЧ}} - \\ & - 0,1209n_{\text{ГЛ}} + 0,4572n_{\text{ПАЧ}} - \\ & - 0,0061 n_{\text{ПАЧП}} + 0,0301m_{\text{НН}} + 3,1938; \text{ при } R = 0,896; \chi^2 = 49,193; p = 0,0000. \end{aligned}$$

Среднее значение $Z_{\text{С}}$ для 1 класса равно – 1,926, для 3 класса – 1,926. Верное распознавание для 1 и 2 классов – 100%. Соотношение между $Z_{\text{С}}$ и $P_{\text{ЛДА}}^2$ следующее:

$$P_{\text{ЛДА}}^2 = 0,4279 + 0,3601 Z_{\text{С}} + 0,0319 Z_{\text{С}}^2 - 0,0198 Z_{\text{С}}^3 - 0,0030 Z_{\text{С}}^4.$$

По этой зависимости определены значения $P_{\text{ЛДА}}^2$ для данной зоны.

Средние значения $P_{\text{ЛДА}}^2$ для всех зон (см. таблицу), где видно, что по критериям t и χ^2 вероятность $P_{\text{ЛДА}}^2$ наилучшим образом отображает эффективность проведения ГРП.

Наиболее полно эффективность ГРП можно оценить по моделям, построенным по комплексу геолого-технологических показателей, а использование зональных моделей значительно повышает распознаваемость эталонной выборки. Следовательно, для практического применения целесообразнее использовать более узкие территориальные модели.

Выполненные исследования показали, что имеется возможность прогнозирования эффективности ГРП по геолого-технологическим показателям с помощью построения многомерных статистических моделей.

Список литературы

1. Иванов С.А., Скачек К.Г., Галкин В.И., Растегаев А.В., Шихов С.А. Исследование влияния геолого-технологических показателей на эффективность гидроразрыва пласта (на примере Повховского месторождения – пласт БВ₈) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. – №10. – С. 42–45.
2. Иванов С.А. Построение статистических моделей прогноза ГРП по геолого-технологическим показателям // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. – №10. – С. 46–50.

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

Сведения об авторах

Иванов С.А., заместитель генерального директора по геологии и разработке, ТПП «Когалымнефтегаз», тел.:83466762007

Галкин В.И., д.г.-м.н., профессор, проректор по научной работе, Пермский государственный технический университет, тел.:(8342)21-98-071

Растегаев А.В., д.г.-м.н., профессор, кафедра «Геология нефти и газа», Пермский государственный технический университет, тел.:(8342)21-98-017

Ivanov S.A., Deputy General Director in Geology and Reservoir Engineering of the Territorial Industrial Enterprise «Kogalymneftegas», phone: 83466762007

Galkin V.I., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, professor, vice-chancellor for research work, Perm State Technical University, phone .:(8342)21-98-071

Rastegaev A.V., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, professor, Department «Geology of Oil and Gas» Perm State Technical University, phone: (8342) 21-98-017
