

среднемноголетним значениям. Минимальный сток зимней межени у слободы Ниновка возрос на 34 %, а минимальный сток летне-осенней межени – на 19 %, у рабочего поселка Раздолье минимальный сток зимней межени увеличился на 39 %, а минимальный сток летне-осенней межени – на 46 %. Полученные результаты согласуются с исследованиями ГГИ по изменению годового и сезонного стока рек в условиях меняющегося климата и усиливающейся антропогенной нагрузки. В условиях высокой техногенной нагрузки антропогенный фактор по степени влияния на водный режим сопоставим с изменениями, обусловленными природными причинами.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ДВУХ ДЕБИТАХ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Э.В. Сова, начальник отдела исследования скважин

*ОАО «СевКавНИПИГаз»,
тел. (8652) 35-96-58, e-mail: svnipigz@gazprom.ru*

В.Э. Сова, младший научный сотрудник

*ОАО «СевКавНИПИГаз»,
тел. (8652) 35-87-85, e-mail: kochichiro@mail.ru*

Рецензент: Ушивцева Л.Ф.

В работе рассмотрена методика исследования на двух дебитах и возможность ее использования для сокращения затрат на гидродинамические исследования скважин. Дано теоретическое обоснование метода и проанализирована его экономическая эффективность.

Two-rate flow test and its application for reduction of hydrodynamic research costs was discussed in the article. Theoretical grounds of the method is given and its cost efficiency is analysed.

Ключевые слова: гидродинамическое исследование, сервисная компания, методика исследования на двух дебитах, упущенная выгода, выживаемость компании.

Key words: hydrodynamic research, service company, two-rate flow test, loss of profit, survivability of company.

Современная ситуация на рынке углеводородного сырья характеризуется нестабильностью цен на нефть, вызванной последствиями мирового финансового кризиса. В то же время валютный рынок демонстрирует рост стоимости бивалютной корзины. Эти обстоятельства приводят к стремлению российских нефтегазодобывающих предприятий увеличивать объемы добычи нефти, поставляемой на экспорт.

Однако увеличение добычи нефти невозможно без качественного анализа производительности эксплуатационного фонда скважин, выявления причин ее снижения и осуществления мероприятий по интенсификации притока. Таким средством анализа производительности скважин являются услуги по проведению гидродинамических исследований скважин, оказываемые крупными и малыми сервисными компаниями.

В то же время в условиях финансового кризиса нефтегазодобывающие предприятия стремятся снизить издержки, связанные с добычей углеводородного сырья, в том числе и за счет услуг сервисных компаний. Это, в свою очередь, создает условия для жесткой конкуренции на рынке сервисных услуг. Так, нередки случаи проведения рядом крупных сервисных компаний политики демпинга, то есть умышленного снижения стоимости сервисных услуг для устранения более мелких конкурентов и обеспечения доминирующего положения на рынке.

Однако такая политика сказывается на общей доходности предприятия, приводя к ее снижению. Эти условия стимулируют поиск методов и разработок, позволяющих снизить себестоимость услуг, оказываемых сервисной компанией.

Для услуг, связанных с гидродинамическими исследованиями скважин, такими методами являются разнообразные экспресс-методы, позволяющие снизить длительность исследования и в то же время обеспечивающие необходимый заказчику объем информации о системе «скважина-пласт».

Изучению эффективности одного из таких методов, широко распространенного в зарубежной нефтегазопромысловой практике и практически не используемого в нашей стране, и посвящена данная работа.

Вначале рассмотрим суть метода исследования на двух дебитах и его теоретическое обоснование.

Методика исследования скважины на двух дебитах [1] заключается в регистрации забойного давления и дебита в длительно работающей на одном режиме скважине с последующим переходом на другой режим ее эксплуатации и непрерывной регистрацией изменения забойного давления в этот момент. Причем скважина может быть переведена как на режим с большим дебитом (при этом процесс изменения давления на забое скважины будет рассматриваться аналогично процессу падения давления), так и на режим с меньшим дебитом (при этом процесс изменения давления на забое скважины будет рассматриваться аналогично процессу восстановления давления).

Основное уравнение метода можно записать следующим способом:

$$p_{wf} = p_i - \frac{21,5q_2\mu_o B_o}{kh} \left[\log \left(\frac{k}{\phi\mu_o c_t r_w^2} \right) - 3,10 + 0,87S \right] - \frac{21,5q_1\mu_o B_o}{kh} \left[\log \left(\frac{t_{p1} + \Delta t'}{\Delta t'} \right) + \frac{q_2}{q_1} \log(\Delta t') \right], \quad (1)$$

где p_{wf} – текущее забойное давление, кгс/см²; q_2 – дебит нефти на втором режиме, м³/сут; μ_o – вязкость нефти, сПз; B_o – объемный коэффициент нефти; k – проницаемость коллектора, мД; h – эффективная нефтенасыщенная толщина пласта, м; ϕ – пористость коллектора, д. е.; c_t – общая сжимаемость коллектора, (кгс/см²)⁻¹; r_w – радиус скважины, м; S – скин-фактор; q_1 – дебит нефти на первом режиме, м³/сут; t_{p1} – время работы скважины на первом режиме, ч; $\Delta t'$ – время работы скважины с момента смены режимов, соответствующее текущему забойному давлению, ч.

Поскольку достаточно сложно учитывать время работы скважины на первом режиме, оно обычно определяется по накопленной добыче нефти на этом режиме:

$$t_{p1} = \frac{24 \cdot N_p}{q_1}, \quad (2)$$

где N_p – накопленная добыча нефти на первом режиме, m^3 .

Определение параметров продуктивного пласта осуществляется путем построения графика зависимости $p_{wf} = f \left[\log \left(\frac{t_{p1} + \Delta t'}{\Delta t'} \right) + (q_2/q_1) \log(\Delta t') \right]$.

По прямолинейному участку графика определяется значение проницаемости коллектора:

$$k = 21,5 \frac{q_1 \mu_o B_o}{mh}, \quad (3)$$

где m – прямолинейный участок графика $p_{wf} = f \left[\log \left(\frac{t_{p1} + \Delta t'}{\Delta t'} \right) + (q_2/q_1) \log(\Delta t') \right]$, (кгс/см²), логарифмический цикл.

Скин-фактор рассчитывается по следующему выражению:

$$S = 1,151 \left[\frac{q_1}{q_1 - q_2} \left(\frac{p_{1hr} - p_{wf}}{m} \right) - \log \left(\frac{k}{\phi \mu_o c_t r_w^2} \right) + 3,10 \right], \quad (4)$$

где p_{1hr} – забойное давление через один час после изменения режима работы скважины, кгс/см².

Однако основным преимуществом этого метода является возможность оценки начального пластового давления (фиктивного пластового давления в случае длительной эксплуатации скважины) и, как следствие, средневзвешенного по объему дренирования пластового давления без остановки скважины на запись кривой восстановления пластового давления (КВД). Именно эта особенность метода исследования на двух дебитах открывает потенциальные возможности его использования как средства сокращения себестоимости гидродинамических исследований.

Начальное пластовое давление (или фиктивное пластовое давление) согласно методу исследования на двух дебитах определяется как:

$$p_i \text{ или } p^* = p_{int} - \frac{q_2}{q_1 - q_2} [p_{wf \text{ at } \Delta t'=0} - p_{1hr}], \quad (5)$$

где p_i – начальное пластовое давление, кгс/см²; p^* – фиктивное пластовое давление, кгс/см²; p_{int} – давление в точке пересечения прямолинейного участка графика $p_{wf} = f \left[\log \left(\frac{t_{p1} + \Delta t'}{\Delta t'} \right) + (q_2/q_1) \log(\Delta t') \right]$ с осью ординат, кгс/см²; $p_{wf \text{ at } \Delta t'=0}$ – забойное давление на первом режиме перед переходом на второй режим, кгс/см.

Далее проанализируем эффективность рассмотренного метода в плане сокращения затрат на проведение гидродинамических исследований. Как было отмечено выше, одним из основных преимуществ данного метода исследования является возможность исключения остановки скважины для снятия КВД. Это свойство метода и является основой для сокращения затрат на проведение гидродинамических исследований, причем при этом достигается экономическая выгода не только для сервисной компании, предоставляющей такие услуги, но и для добывающей компании.

Для наглядности обоснуем это утверждение. Так, при остановке скважины последняя не производит продукцию, в экономике данная ситуация харак-

теризуется термином упущенная выгода – неполучение дохода ввиду простоя производства. Приведем простейший практический пример: дебит скважины по нефти на рабочем режиме составляет 215 м³/сут (плотность нефти в стандартных условиях 781,1 кг/м³), стандартное время остановки скважины для записи кривой восстановления пластового давления в практике сервисных компаний составляет 30 часов; при себестоимости добычи одной тонны нефти 4400 руб. и цене ее реализации 6655 руб. упущенная выгода составит 473371 руб. Полученная сумма весьма ощутима и практически сопоставима со стоимостью одного исследования. В то же время затраты сервисной компании на проведение работ по исследованию на пяти режимах с последующим закрытием скважины на КВД составляют 259810 руб., методика исследования на двух дебитах позволяет провести исследование на двух режимах без записи кривой восстановления пластового давления, при этом затраты на исследовательские работы составят 94570 руб., относительная финансовая выгода для сервисной компании, при использовании метода исследования на двух дебитах, составит 63,6 %. Следует отметить, что сокращение количества исследовательских операций не приведет к снижению качества и количества получаемых данных о системе «скважина-пласт», о чем было сказано выше, а использование специализированного программного обеспечения наподобие программного пакета Карра Saphir позволит значительно расширить спектр получаемых данных.

Снижение же количества режимов исследования скважины также не скажется на возможности использования результатов исследований скважины для построения кривой притока и выбора оптимального технологического режима ее эксплуатации. Это объясняется тем, что в современной практике сервисных компаний кривая притока рассчитывается исходя из фильтрационных параметров продуктивного пласта, полученных по результатам анализа кривых восстановления пластового давления. Практика показала, что такие кривые более адекватно отражают реальные физические процессы, нежели фактические индикаторные кривые, достоверность которых существенно зависит от времени работы скважины на каждом из режимов.

Таким образом, методика исследования на двух дебитах позволяет существенно снизить себестоимость гидродинамических исследований для сервисной компании и минимизировать упущенную выгоду для добывающей компании. При этом снижаются затраты времени на проведение исследования и устраняется необходимость в остановке скважины на запись кривой восстановления пластового давления, что особенно актуально для низкопроницаемых коллекторов, а также крупных залежей разбуренных разреженной сеткой скважин, для которых время восстановления давления может достигать нескольких дней или даже недель.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что методика исследования на двух дебитах имеет высокую экономическую эффективность и может способствовать повышению выживаемости сервисной компании на рынке аналогичных услуг.

Библиографический список

1. *Chaudhry, A. U.* Oil Well Testing Handbook / A. U. Chaudhry. – Gulf Professional Publishing, 2004.