УДК 622.248

РАСЧЕТ ОБЪЕМА ФИЛЬТРАТА БУРОВОГО РАСТВОРА, ПРОНИКШЕГО В ПЛАСТ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ВСКРЫТИИ

–––––––

CALCULATION OF DRILLING MUD FILTRATE VOLUME INVASION THE RESERVOIR DURING THE FORMATION EXPOSING

Никитин Василий Игоревич
магистр, ассистент кафедры
бурение нефтяных и газовых скважин,
Самарский государственный
технический университет
nikitinv@list.ru

Аннотация. Одним из основных факторов, влияющих на состояние прискважинной зоны пласта, является физико-химическое воздействие на него бурового раствора при первичном вскрытии. Проникновение в эту зону промывочной жидкости или ее фильтрата вызывает изменение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта, в результате чего вокруг скважины образуется зона с пониженной по сравнению с естественной проницаемостью. В целях снижения загрязнения призабойной зоны пласта решается задача о расчете объема фильтрата, проникшего в пласт при первичном вскрытии. Данная методика позволяет произвести сравнительный анализ буровых промывочных систем для определения оптимальной рецептуры.

Ключевые слова: фильтрационная корка, буровой раствор, фильтрат, объем фильтрата.

Nikitin Vasily Igorevich
Master, Assistant of
drilling oil and gas wells department,
Samara state technical university
nikitinv@list.ru

Annotation. One of the main factors affecting the condition of the well bore formation zone, is a physical-chemical effect on his mud during formation exposing. Penetration into the area of drilling fluid filtrate a change in capacitance reservoir properties, where the well is formed around the area with a reduced, as compared with the natural, permeability. In order to reduce pollution of the bottom hole formation zone solves the problem of calculating the volume of the filtrate to permeate during the initial opening of the reservoir. This method allows you to make comparative analysis of drilling systems to determine the optimal formulation.

Keywords: mudcake, drilling fluid, filtrate, filtrate volume.

Продуктивный пласт – коллектор нефти и газа – чаще всего сложен осадочными терригенными и карбонатными породами: песчаником, известняком и др. Интенсивность притока во многом зависит от фильтрационных свойств пласта и пластовых флюидов. Система «скважина – пласт» является неравновесной. Все изменения в ней зависят от соотношения температур, давлений, от характеристик промывочных жидкостей, состава пород, неоднородности пластов, свойств коллекторов и насыщающих их флюидов. Коллекторские свойства пласта меняются при этом поразному при разбуривании пласта, при вскрытии его перфорацией, интенсификации и в процессе испытания скважин. Они могут возрастать или снижаться вплоть до прекращения притоков флюидов [1].

Одним из основных факторов, влияющих на состояние прискважинной зоны пласта, является физико-химическое воздействие на него бурового раствора при первичном вскрытии. Проникновение в эту зону промывочной жидкости или ее фильтрата вызывает изменение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта, в результате чего вокруг скважины образуется зона с пониженной по сравнению с естественной проницаемостью [2].

При вскрытии продуктивного пласта на репрессии, используя буровой раствор на водной основе, неизбежно проникновение фильтрата бурового раствора в пласт. Проникновение фильтрата влияет на дальнейшую эксплуатацию скважины и в особенности на многофазное течение в пористой среде. Кроме того, это может повлиять на точность каротажных приборов. Применение гидродинамического моделирования двухфазной фильтрации позволяет определить важные параметры процесса вторжения постороннего флюида в пласт-коллектор. Оценка количественных изменений фильтрационных параметров пород ПЗП после проникновения фильтрата бурового растворов позволяет правильно выбирать состав раствора и предупреждать возможные осложнения в процессе дальнейшей эксплуатации скважин [3].

При вскрытии пластов-коллекторов важное значение имеет сохранение коллекторских свойств пласта. С целью оценки загрязнения призабойной зоны пласта и дальнейшей оптимизации процессов бурения решается задача о степени фильтрации буровых промывочных систем. Одним из важнейших параметров является объем фильтрата, проникшего в пласт.

В течение времени взаимодействия бурового раствора с горной породой выполняется несколько законов фильтрации. Данный факт необходимо учитывать для корректного расчета объема

фильтрата, проникшего в пласт. Чтобы рассчитать полный объем фильтрата, проникшего в призабойную зону, необходимо просуммировать объемы фильтрата, соответствующие мгновенной фильтрации $Q_{мг}$, формированию фильтрационной корки постоянной толщины Q_{f_1} и объем фильтрата, прошедшего через эту корку Q_{f_2}:

$$Q_f = Q_{мг} + Q_{f_1} + Q_{f_2}. \quad (1)$$

Данное предположение подтверждается экспериментально. В таблице 1 приведены параметры буровых промывочных систем, выбранных для статистической обработки. Зависимость, изображенная на рисунке 1, подтверждает наличие не монотонности функции фильтрации, что указывает на наличие нескольких законов фильтрации.

Таблица 1 – Параметры исследуемых промывочных систем

№ п/п	Наименование параметра	Раствор № 1	Раствор № 2	Раствор № 3	Раствор № 4
1	Плотность	1110 кг/м^3	1110 кг/м^3	1070 кг/м^3	1090 кг/м^3
2	Условная вязкость (на воронке Марша)	60 с	90 с	120 с	70 с
3	Водоотдача	10 мл/30 мин.	6 см^3/30 мин.	8 см^3/30 мин.	10 см^3/30 мин.
4	Толщина корки	2 мм	1 мм	1 мм	<1 мм
5	Реологические параметры	PV = 41 сП; YP = 18 фунт/100 фут^2; AV = 50 сП	PV = 45 сП; YP = 28 фунт/100 фут^2; AV = 37 сП	PV = 29 сП; YP = 32 фунт/100 фут^2; AV = 45 сП	PV = 17 сП; YP = 10 фунт/100 фут^2; AV = 22 сП
6	Содержание песка	<0,5 %	<0,5 %	<0,5 %	<0,1
7	pH	10	10	9	11

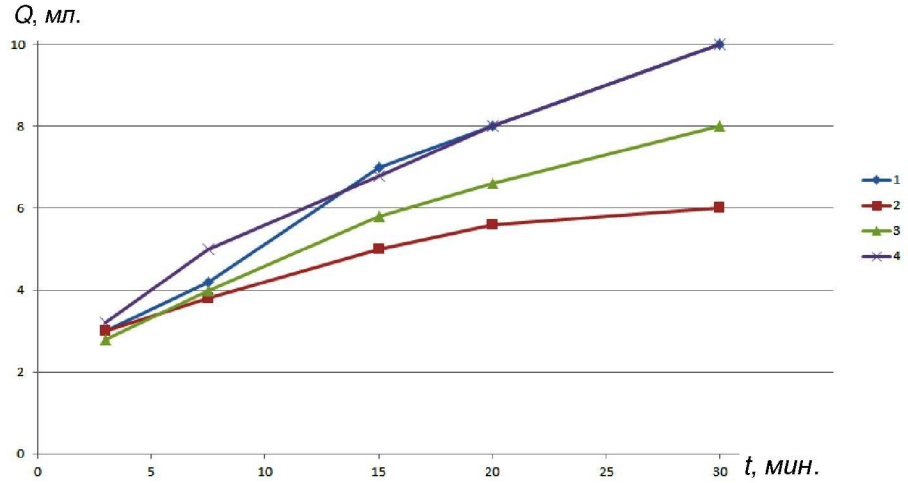

Рисунок 1 – Зависимость объема фильтрата от времени

Первый этап проникновения фильтрата промывочной жидкости в пласт – быстрое поглощение фильтрата пластом. Мгновенную фильтрацию можно определить графическим путем, строя график зависимости объема фильтрата от квадратного корня из времени $(Q_f) - (\sqrt{t})$ и экстраполируя его до пересечения с осью Y. Важно заметить что экстраполируя зависимость $(Q_f) - (\sqrt{t})$ до пересечения с осью Y следует учитывать только линейную часть данного графика, так как после образования корки постоянной толщины в выбранных координатах график становится нелинейным. Не следует проводить экстраполяцию по всем точкам фильтрационного процесса, так как при этом ухудшится реальная зависимость на первом интервале фильтрационного процесса [4].

Статистически правильным подходом является проведение серии экспериментов. С точки зрения воспроизводимости результатов необходимо строить линию регрессии, учитывающую погрешность эксперимента.

При этом можно указать конкретный вид линии регрессии, исходя из обоснования законов фильтрации:

$$Q_{f_1} = C_1\sqrt{t}, \quad 0 < t \le t_{const}, \quad (2)$$

где в соответствии с ростом фильтрационной корки:

$$C_1 = \sqrt{2 \cdot \frac{k_{mc} \cdot \Delta p_{mc}}{\mu_f} \cdot \left(\frac{f_{sc}}{f_{sm}} - 1 \right)} \cdot A, \quad (3)$$

где k_{mc} – проницаемость корки; Δp – перепад давлений через глинистую корку; μ_f – динамическая вязкость фильтрата; f_{sc} – объемная доля твердых частиц в корке; f_{sm} – объемная доля твердых частиц в растворе; A – площадь фильтрации.

При росте фильтрационной корки

$$Q_{f_2} = C_2 \cdot t \quad (4)$$

согласно закону Дарси:

$$C_2 = \frac{k_{mc} \cdot A \cdot \Delta p}{\mu_f \cdot h_{mc}}, \quad (5)$$

где h_{mc} – толщина фильтрационной корки.

Из (4) и (5) можно определить k_{mc} – проницаемость фильтрационной корки. Таким образом, аппроксимируя законы фильтрации в характерные временные промежутки, можно спрогнозировать объем фильтрата, проникшего в пласт. Также данная методика позволяет оценить фильтрационные параметры разных буровых промывочных систем для определения наиболее подходящей рецептуры. Приближение в лабораторных условиях к пластовым условиям является необходимым требованием для получения адекватного результата расчетной методики. Например, можно использовать тест при высокой температуре и высоком давлении [5].

Литература:

1. Никитин В.И., Живаева В.В. Вероятные пути решения проблем вскрытия напряженных горных пород // Ашировские чтения : сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2014. – Т. 1. – С. 148–149.
2. Живаева В.В., Никитин В.И. Модель для расчета радиуса проникновения фильтрата бурового раствора при вскрытии пласта // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6–2. – С. 250–254.
3. Никитин В.И., Живаева В.В. Применение методов математического моделирования для управления свойствами буровых растворов / Ашировские чтения : сб. трудов Международной научно-практической конференции. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2015. – С. 81–85.
4. Никитин В.И., Милькова С.Ю., В. Бель Амур Оссиала. Изучение скорости фильтрации буровых растворов при лабораторных исследованиях / Ашировские чтения : сб. трудов Международной научно-практической конференции. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2017. – 367 с.
5. Ружников А.Г. Выбор методов измерения водоотдачи при бурении литифицированных сланцевых пород // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. – 2014. – Серия: Естественные науки. – № 2. – С. 41–44.

References:

1. Nikitin V.I., Zhivayeva V.V. Probable solutions of problems of completion of intense rocks / Ashirovsky readings : collection works of the International scientific and practical conference. – Samara : Samara state technical university, 2014. – T. 1. – P. 148–149.
2. Zhivayeva V.V., Nikitin V.I. Model for calculation of radius of penetration of a filtrate of boring solution when opening layer // Modern high technologies. – 2016. – No. 6–2. – P. 250–254.
3. Nikitin V.I., Zhivayeva V.V. Application of methods of mathematical modeling for management of properties of boring solutions / Ashirovsky readings: collection works of the International scientific and practical conference. – Samara : Samara state technical university, 2015. – P. 81–85.
4. Nikitin V.I., Milkova C.Yu., V. Bel Amur Ossiala. Studying of speed of a filtration of boring solutions at laboratory researches / Ashirovsky readings: collection works of the International scientific and practical conference. – Samara : Samara state technical university, 2017. – 367 p.
5. Ruzhnikov A.G. The choice of methods of measurement of water return when drilling the lithification of shale breeds // Messenger of Northern (Arctic) federal university. – 2014. – Series: Natural sciences. – No. 2. – P. 41–44.