

исследования было установлено четыре различных типа режима течения вода-нефть в Y-микрочанале: снарядный, капельный, стратифицированный и хаотический. Полученные в ходе расчетов картины течения для различных режимов хорошо согласуются с экспериментальными фотографиями. Определены диапазоны расходов, в которых реализуется тот или иной режим. Построена карта режимов течения и определены гидродинамические характеристики (длина и частота отрыва снарядов/капель) режимов течения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (номер FSRZ-2020-0012).

Литература

1. Darekar, M. Liquid-Liquid Two-Phase Flow Patterns in Y-Junction Microchannels [Text] / M. Darekar, K.K. Singh, S. Mukhopadhyay, K.T. Shenoy // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2017. – V. 56. – P. 12215 – 12226.
2. Dessimoz, A.L. Liquid-liquid two-phase flow patterns and mass transfer characteristics in rectangular glass microreactors [Text] / A.L. Dessimoz, L. Cavin, A. Renken, L. Kiwi-Minsker // *Chemical Engineering Science*. – 2008. V. 63. P. 4035–4044.
3. Kashid, M. Quantitative prediction of flow patterns in liquid-liquid flow in micro-capillaries [Text] / M. Kashid, L. Kiwi-Minsker // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. – 2011. – V. 50. P. 972 – 978.
4. Minakov, A.V. Flow Regimes of Viscous Immiscible Liquids in T-Type Microchannels [Text] / A.V. Minakov, A.A. Shebeleva, A.A. Yagodnitsyna, A.V. Kovalev, A.V. Bilsky // *Chemical Engineering & Technology*. – 2019. – V. 42. – P. 1037–1044.
5. Šalić, A. Application of microreactors in medicine and biomedicine [Text] / A. Šalić, B. Tušek, Zelić // *Journal of Applied Biomedicine*. – 2012. V. – 10. – P. 137 – 153.
6. Tran, T.M. From tubes to drops: Droplet-based microfluidics for ultrahigh-throughput biology [Text] / T.M. Tran, F. Lan, C.S. Thompson, A.R. Abate // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2013. – V. 46. – 114004.
7. Wang, L. An improved visual investigation on gas–water flow characteristics and trapped gas formation mechanism of fracture–cavity carbonate gas reservoir [Text] / L. Wang, S. Yang, X. Peng, H. Deng, Z. Meng, K. Qian, Z. Wang, H. Lei // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2018. – V. 49. – P. 213–226.
8. Waelchli, S. Two-phase flow characteristics in gas-liquid microreactors [Text] / S. Waelchli, P. Rudolf von Rohr // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2006. V. – 32. P. 791 – 806.
9. Wu, Z. Liquid-liquid flow patterns and slug hydrodynamics in square microchannels of cross-shaped junctions [Text] / Z. Wu, Z. Cao, B. Sundén // *Chemical Engineering Science*. – 2017. – V. 174. – P. 56 – 66.
10. Yagodnitsyna, A.A. Flow patterns of immiscible liquid-liquid flow in a rectangular microchannel with T-junction [Text] / A.A. Yagodnitsyna, A. V. Kovalev, A. V. Bilsky // *Chemical Engineering Journal*. – 2016. – V. 303. P. 547 – 554.
11. Zhao, Y. Liquid-liquid two-phase flow patterns in a rectangular microchannel [Text] / Y. Zhao, G. Chen, Q. Yuan // *American Institute of Chemical Engineers*. – 2006. V. 52. – P. 4052 – 4060.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМИСТОСТИ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ПРОЦЕСС ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Пурлац Е.А.

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одно из необходимых условий успешного проведения работ по поддержанию пластового давления заводнением заключается в постоянном контроле за ходом его реализации. Полнота охвата пластов заводнением равно как и достижения плановых значений нефтедобычи определяется эффективностью работы нагнетательных скважин. Процесс эксплуатации последних характеризуется комплексом геологических и технологических факторов, среди которых особое влияние уделяется состоянию призабойной зоны пласта. Ухудшение свойств околоскважинной области коллектора влечет за собой определенные последствия, главным образом сказывающиеся на падении приемистости, что предопределяет неполноту выработки запасов и снижение коэффициента нефтеизвлечения.

С точки зрения технологии разработки залежи заводнением наиболее важными аспектами процесса являются приемистость нагнетательной скважины и дебит добывающей. Исключительная важность учета поглощающей способности призабойной зоны скважины связана с непосредственным влиянием показателя на работу добывающих скважин. Поддержание приемистости на расчетном уровне позволяет осуществить закачку расчетного количества воды при относительно низких давлениях нагнетания и тем самым создать непрерывный фронт вытеснения нефти водой. При выявлении факторов, главным образом определяющих приемистость нагнетательных скважин целесообразно провести анализ причин ухудшения поглощательной способности и рассмотрены существующие технологии восстановления, регулирования и предупреждения снижения приемистости.

В противовес коэффициенту, который характеризует способность скважины производить отбор углеводородного сырья, ставится коэффициент приемистости I , который измеряется в м³/сутки на МПа и является единицей, определяющая возможность закачки вытесняющего флюида (воды, газа и др.) в пласт.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta P} = \frac{kh}{18,41B\mu \left[\ln\left(\frac{r_k}{r_c}\right) - 0,75 + S \right]} \quad (1)$$

где ΔQ - расход нагнетательной скважины, ΔP - репрессия, k - относительная проницаемость по воде, h - мощность пласта, B - объемный коэффициент воды, r_k - радиус контура питания, r_c - радиус скважины, S - скин-фактор.

Исходя из формулы расчета, прежде всего, показатель зависит от репрессии, создаваемой на уровне забоя нагнетательной скважины, и дебита закачиваемого флюида. Дебит определяется посредством гидродинамических исследований всей системы добывающих и нагнетательных скважин либо оценивается по формуле радиального

притока, преобразованной для репрессии. Характер приемистости зависит от физико-механических свойств породы пласта, системы расположения скважин, свойств нагнетаемой воды, процессов, происходящих на границе раздела системы «флюид-порода», падения давления в пласте.

Пористая среда всегда содержит в своем составе большое количество изначально заблокированных в ней свободных частиц, а также таких из них, которые могут быть сдвинуты с места и перемещаться потоком. Даже при закачке сравнительно чистой воды, в пласте происходят эффекты самокоагуляции несцементированными частицами, в связи с чем имеет место ухудшение коллекторских свойств пласта и снижение приемистости нагнетательных скважин [4]. Ослабление сцементированности пласта происходит при нарушении термобарического и химического равновесия в процессе поступления рабочего агента. В данном случае повышение давления нагнетания способствует вымыванию естественного коагулянта и увеличению приемистости НС.

При закачке в продуктивные пласты воды, отличающейся по химической характеристике от пластовой воды, происходит сужение пор вследствие коагуляции каналов фильтрации. Контакт глинистых минералов с пресной водой приводит к гидратационному расширению глин. Каолинит, хлорит и другие минералы с жесткой кристаллической структурой не подвергается внутрикристаллическому набуханию. Глины с нежесткой кристаллической структурой, среди которых выделяют минералы группы монтмориллонита, набухают при взаимодействии с нагнетаемой водой. Основным фактором, оказывающим непосредственное влияние на способность глин связывать и удерживать воду, является минерализация закачиваемого рабочего агента. Проведенные исследования показывают, что при содержании глины в общем объеме от 15 до 20 %, коллектор становится практически непроницаемым [2]. Однако наличие глинистых минералов при их доле менее 3 % в общем объеме мало сказывается на эффективности заводнения. По результатам исследования влияния минерализации закачиваемой воды на набухание пластовых глин видно (Рис. 1), что с увеличением концентрации соли набухание глин и падение приемистости НС резко снижается. Таким образом, для глинистых коллекторов минерализация закачиваемой воды имеет определяющее значение. Резкое ухудшение приемистости нагнетательных скважин может быть связано с применением слабоминерализованных вод, в то время как закачка высокоминерализованных вод сопровождается более стабильной поглотительной способностью. В случае закачки рабочего агента, содержание пресной воды в котором превышает максимальное, во избежание снижения фильтрационных свойств проводится обработка нагнетательных скважин реагентами - понизителями набухаемости глин [3].

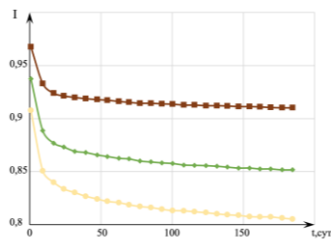


Рис. 1 Зависимости приемистости от концентрации соли в закачиваемой воде

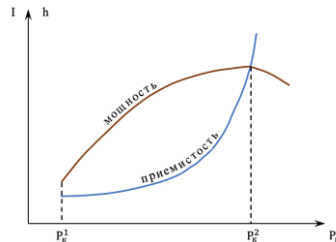


Рис. 2 Зависимость мощности интервалов, поглощающих воду, и приемистости нагнетательной скважины от давления нагнетания

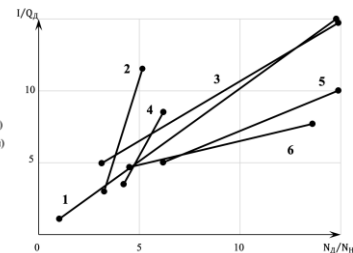


Рис. 3 Зависимости приемистости от соотношения числа добывающих и нагнетательных скважин

При выборе режима закачки важным моментом рациональной разработки месторождения является необходимость поддержания пластового давления. Повышение приемистости объясняется наличием естественных трещин, которые раскрываются при достижении определенного критического давления нагнетания, ниже которого вода коллектором не принимается. После превышения второго критического давления возможно отключение отдельных интервалов в разрезе вследствие резкого увеличения приемистости какой-то части разреза и «задавливания» других интервалов (Рис. 2). Повышение репрессии приводит во всех случаях к вовлечению низкопродуктивных интервалов и увеличению раскрытости трещин, в результате чего происходит увеличение интенсивности поглощения закачиваемой воды.

При снижении температуры коллектора ниже температуры насыщения нефти парафином происходит образование коагулирующих кристаллов на зернах в пористой среде, что вызывает снижение фильтрационной характеристики призабойной зоны скважины и продуктивного пласта в целом. Кристаллизация парафина осуществляется при постоянном поступлении капелек нефти, содержащихся во взвешенном состоянии в нагнетаемой воде. С целью нейтрализации последствий, связанных с кристаллизацией парафина рекомендуется применение подогретых промысловых растворов, нагнетание горячей водой вместе с закачкой растворителей парафиновых отложений. Восстановление приемистости не принимающих пластов и освоение их под закачку осуществляется с помощью создания в них искусственных трещин, прерывающих зоны загрязнения (в случае длительной закачки холодной воды в скважину и образовании значительных зон коагуляции).

Помимо названных фильтрационных факторов, влияющих на приемистость, выделяют еще один фактор, относящийся к жесткости системы заводнения [1]. Нагнетание воды реализуется отборами из добывающих скважин, соотношение средней приемистости и дебитов скважин зависит от количества нагнетательных и добывающих скважин, что определяет интенсивность разработки. На рисунке (см. рис. 3) приведены зависимости приемистости от жесткости системы заводнения по девонским объектам: 1 - Туймазинское, 2 - Шкаповское, 3 - Серафимовское, 4 - Сергеевское, 5 - Демское, 6 - Раевское. Отклонение от 45 в сторону превышения приемистости должно

СЕКЦИЯ 10. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

характеризовать величину оттока за контур и, возможно, в другие водоносные пласты. Отклонение в сторону превышения отборов над закачкой свидетельствует об активном подтоке законтурной или подошвенной воды, либо о перетоках воды или нефти из одного объекта в другой.

Как уже было сказано, эффективность системы поддержания давления во многом зависит от бесперебойной работы нагнетательных скважин. Многофакторное влияние процессов, связанных с фильтрационными и технологическими особенностями эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин отражено в виде блок-схемы (Рис. 4). Таким образом, на снижение значения приемистости влияют как фильтрационные (проницаемость), так и технологические факторы (режим закачки). Основная причина снижения приемистости нагнетательных скважин – это ухудшение состояния призабойной зоны пласта, связанное с явлением колюматации



Рис. 4 Блок-схема факторов, определяющих влияние приемистости нагнетательных скважин на разработку нефтяных месторождения

Указанные в схеме явления, при их несвоевременном регулировании, являются причиной снижения приемистости нагнетательных скважин, что сказывается на эффективности системы разработки в целом. Таким образом, во избежание ухудшения поглотительной способности нагнетательных скважин и соответствующего падения величины охвата заводнением, необходимо уделять должное внимание всему многообразию факторов, так или иначе определяющих состояние призабойной зоны скважины.

Литература

1. Баймухаметов К.С., Викторов П.Ф., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш. - Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана - Уфа: РИЦ АНК «Башнефть», 1997. – 424 с.
2. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах. - М.: Недра, 1986. – 160 с.
3. Журавлев Г.И., Лямина Н.Ф. Набухание глинистых пород // Вестник АГТУ. 2008. №6. [Электронный ресурс.] - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nabuhanie-glinistyh-porod>.
4. Цветкова М.А. Влияние минералогического состава песчаных пород на фильтрующие способности и нефтеотдачу/ЛГГезисы института нефти АН СССР, 1954. – 211 с.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОФАЗНОЙ РАСХОДОМЕТРИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН

Раджабов А.Р.

Научные руководители: старший преподаватель Е.Г. Карпова,
старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Многофазные расходомеры – это установки, которые позволяют измерить расход флюида по фазам за единицу времени. Они играют одну из важнейших ролей в нефтегазовой промышленности. Данные установки позволяют определять такие параметры среды в трубе, как давление, температура, объемные, массовые и фазовые дебиты при актуальных и стандартных условиях, электрическую проницаемость нефти, содержание воды, содержание газа и плотность каждой из фракций. Принцип работы мультифазных расходомеров основан на двух методах измерения: объемный метод - корреляционные измерения и массовый метод-трубка Вентури.

Именно трубка Вентури положила начало расходомерии. Изобретение Джовани Баттиста Вентури представляет собой трубку, имеющую сужение посередине и горловины по краям (рис.1). Основным назначением