

УДК 622.276.6

И.В. Владимиров^{1,2}, e-mail: igorv@ufamail.ru; **Э.М. Альмухаметова³**, e-mail: elikaza@mail.ru;
Р.Р. Варисова⁴, Е.М. Абуталипова², А.Н. Авренюк², e-mail: And-mail@mail.ru

¹ ЗАО «Конкорд» (Москва, Россия).

² ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Уфа, Республика Башкортостан, Россия).

³ Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьском (Октябрьский, Республика Башкортостан, Россия).

⁴ Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке (Стерлитамак, Республика Башкортостан, Россия).

Анализ влияния нестационарного заводнения на результаты гидродинамических исследований скважин

Изменение режима воздействия со стороны нагнетательных скважин при нестационарном заводнении приводит к изменению физических параметров заводняемых коллекторов в значительном их объеме. При сложившемся режиме заводнения образуются обводненные каналы, в которых происходит преимущественное движение закачиваемой воды. Изменение порядка включения и отключения групп нагнетательных скважин приводит к перетоку высоковязкой нефти в заводненные каналы, что сразу же отражается на результатах гидродинамических исследований скважин (ГДИС). В статье на основе анализа данных ГДИС до и после изменения режима нестационарного воздействия показано, что данное изменение приводит к росту средних показателей гидропроводности и к снижению пьезопроводности.

Ключевые слова: коллектор, нестационарное заводнение, гидродинамическое исследование скважин, гидропроводность, пьезопроводность, изменение направления фильтрационного потока, высоковязкая нефть.

.....

I.V. Vladimirov^{1,2}, e-mail: igorv@ufamail.ru; **E.M. Al'myhametova³**, e-mail: elikaza@mail.ru;
R.R. Varisova⁴; E.M. Abutalipova²; A.N. Avrenyuk², e-mail: And-mail@mail.ru

¹ Concord JSC (Moscow, Russia).

² FSBEI HPE «Ufa State Oil Technical University» (Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia).

³ Branch of FSBEI Ufa state petroleum technical university in Oktyabr'skiy (Oktyabr'skiy, Republic of Bashkortostan, Russia).

⁴ Branch of FSBEI Ufa state petroleum technical university in Sterlitamak (Sterlitamak, Republic of Bashkortostan, Russia).

Analysis of results on the unsteady waterflood well testing

Changing the exposure to injection wells in unsteady water flooding leads to changes in the physical parameters drowned collectors in their considerable volume. Under the current regime flooding inundated the channels are formed, in which there is a preferential movement of the injected water. Changing the order of switching on and off groups of injection wells leads to overflow of water flooding in heavy oil feeds, which immediately reflected on the results of hydrodynamic studies of well test. On the basis of the analysis of well test data before and after the change of the regime of non-stationary effects it showed that this change leads to an increase in average hydraulic conductivity and reduced diffusivity.

Keywords: manifold, unsteady water flooding, well testing, water permeability, piezoconductivity, a change in direction of the filtration flow, high viscosity oil.

Северные Бузачи (Республика Казахстан) – нефтегазовое месторождение со сложным строением коллектора. Месторождение имеет два объекта разработки горизонта – юрских (1-й объект) и меловых (2-й объект) отло-

жений. Коллекторы эксплуатационных объектов относятся к категории коллекторов с большим разбросом средних по разрезу значений проводимости, сильно расчлененных, зонально и послойно неоднородных по проницаемости,

с повышенным содержанием глинистого цементирующего материала. Нефть месторождения характеризуется высокой вязкостью и плотностью, низким газосодержанием. По данным исследований [1], отмечен значительный

разброс параметров пластовой нефти: давление насыщения – от 1,24 до 2,79 МПа, газосодержание – от 3,68 до 9,89 м³/т, объемный коэффициент – от 1,011 до 1,040 доли ед., вязкость – от 122 до 510 мПа·с.

Применение нестационарного заводнения на месторождении Северные Бузачи начато на нескольких участках в рамках опытно-промышленных работ в апреле 2009 г. Режимы циклической работы нагнетательных скважин были определены экспериментально. В 2010–2012 гг. нестационарное заводнение (НЗ) широко применялось на месторождении Северные Бузачи в качестве одного из методов воздействия на нефтенасыщенные коллекторы. Анализу результатов циклического заводнения в 2009–2012 гг. посвящена работа [2], где показывается эффективность применяемых технологий НЗ в разработке неоднородных по проницаемости коллекторов, насыщенных нефтью с высокой вязкостью. В работах [3–5] теоретически обосновано применение НЗ на коллекторах разного типа, насыщенных высоковязкой нефтью.

В 2013 г. в рамках развития нестационарного заводнения на месторождении Северные Бузачи были предложены программы нестационарного заводнения в сочетании с изменением направления фильтрационных потоков (ИНФП) на участке 7-го блока первого эксплуатационного объекта [6]. Результаты изменения действующей технологии НЗ показали высокие потенциалы дальнейшего развития технологии нестационарного воздействия. Согласно данным работы [7] общий эффект от технологии НЗ + ИНФП составил 22 % от суммарной добычи нефти реагирующих добывающих скважин 7-го блока за 2013 г. В ходе реализации нестационарного заводнения в сочетании с ИНФП на седьмом блоке первого эксплуатационного объекта на скважинах участка проводились ГДИС как до начала, так и после реализации ИНФП. Интересно исследовать, как повлияли периодиче-

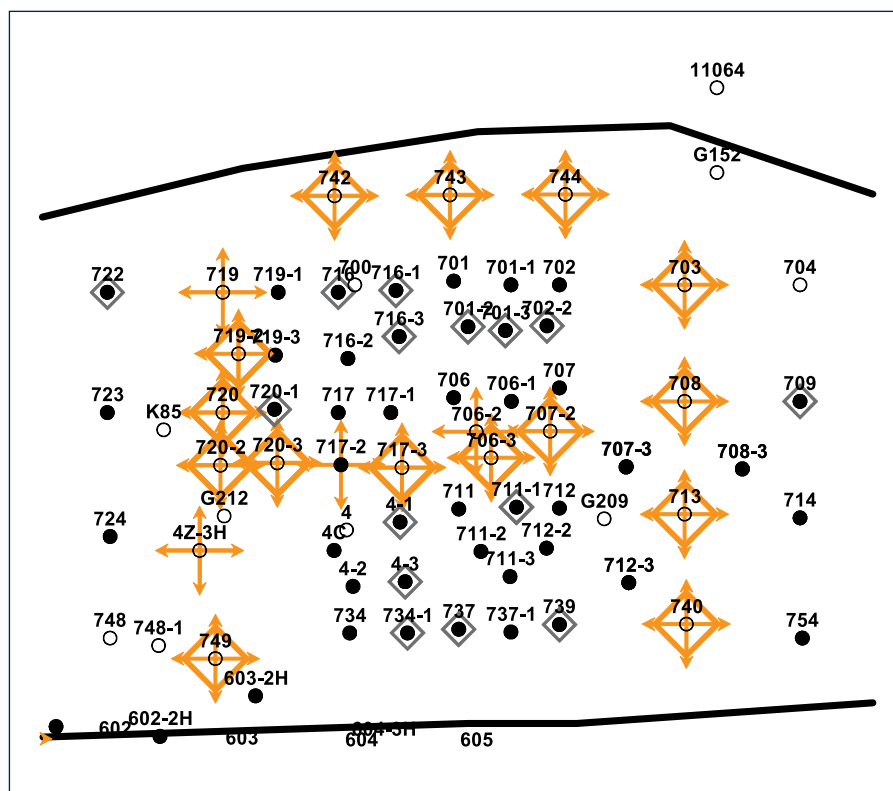


Рис. 1. Охват участка НЗ 7-го блока первого объекта гидродинамическими исследованиями в период март – сентябрь 2013 г. На скважинах, помеченных ромбами, ГДИС проводились в указанный период

Fig. 1. Coverage of the 7th unit non-stable flooding area of the first facility with hydrodynamic surveys in the period of March-September, 2013 in wells marked with rhombus, well tests were conducted during the specified period

ские отключения групп нагнетательных скважин на фильтрационные потоки в коллекторе участка.

В работе [8] было сделано предположение о формировании высокопроницаемых каналов фильтрации (ВКФ) в процессе разработки залежей нефти. Это означает, что такие параметры коллектора, как пьезо- и гидропроводность, должны быть чувствительны как к режиму работы скважин, так и к порядку включения и отключения нагнетательных скважин. Рассмотрим, как менялись данные показатели при переходе системы заводнения из режима НЗ к НЗ + ИНФП.

С этой целью были проанализированы данные ГДИС за период с марта по сентябрь 2013 г. включительно.

За указанный период на неустановившихся режимах фильтрации проведено 37 исследований: 16 – на 15 добывающих скважинах (КВД, КВУ, ККВУ) и 21 – на 15 нагнетательных (КПД).

На рисунке 1 представлено распределение проведенных за анализируемый период ГДИС по площади участка НЗ 7-го блока. Видно, что участок НЗ достаточно равномерно охвачен гидродинамическими исследованиями.

Данные гидродинамических исследований (ГДИ) нагнетательных скважин были проанализированы в целях выявления изменений в коллекторе, происходящих в результате смены режима циклической закачки. В таблице представлены результаты повторных ГДИ, проведенных в нагнетательных

Ссылка для цитирования (for citation):

Владимиров И.В., Альмухаметова Э.М., Варисова Р.Р., Абуталипова Е.М., Авренюк А.Н. Анализ влияния нестационарного заводнения на результаты гидродинамических исследований скважин // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 9. С. 68–71.

Vladimirov I.V., Al'mukhametova E.M., Varisova R.R., Abutalipova E.M., Avrenyuk A.N. Analysis of results on the unsteady waterflood well testing (In Russ.). Territorija «NEFTEGAZ» = Oil and Gas Territory, 2016, No. 9, P. 68–71.

Таблица. Данные по пьезо- и гидропроводности коллектора горизонта Ю₁ 7-го блока (район участка НЗ) месторождения Северные Бузачи до и после применения технологии ИНФП

Table. Data on piezoelectric and water permeability of horizon Ю₁ reservoir in 7th unit (non-stable flooding area) of North Buzachi field before and after the application of filtration flow direction change technology

№ скважины Well No.	Гидропроводность, мкм ² -см/сПз Transmissibility, μm ² -cm/cPs		Пьезопроводность, см ² /с Piezoconductivity, cm ² /s	
	До Before	После After	До Before	После After
NB 706-3	198,6	194,64	2718,1	2005,0
NB 717-3	448,0	1290,07	20779,0	9276,0
NB 719-2	29,0	199,95	796,1	2134,0
NB 720	268,57	69,05	25735,0	1107,0
NB 720-2	101,62	91,5	1943,0	1065,0
NB 720-3	117,0	122,13	2729,4	1843,0
Среднее Average	193,8	327,9	9116,8	2905,0

скважинах до начала применения и в условиях применения технологии НЗ + ИНФП. Наиболее устойчивы к ошибкам интерпретации показатели пьезопроводности и гидропроводности. Проанализируем их изменение при смене режимов закачки.

В таблице приведены данные по пьезо- и гидропроводности коллектора.

Сравнивая средние показатели гидропроводности и пьезопроводности до и после применения технологии ИНФП на участке, можно отметить, что в результате изменения направления фильтрационных потоков гидропроводность возросла, а пьезопроводность – снизилась. Отметим, что на участке происходит и обратный процесс – возрастание

пьезопроводности (только в скважине 719-2, рис. 2), однако этот процесс более слабый.

Введем комплексный параметр

$$\chi = \frac{k \mu}{\sigma \mu \beta kh} = \frac{1}{\beta h r}$$

который является обратной величиной действующей мощности коллектора.

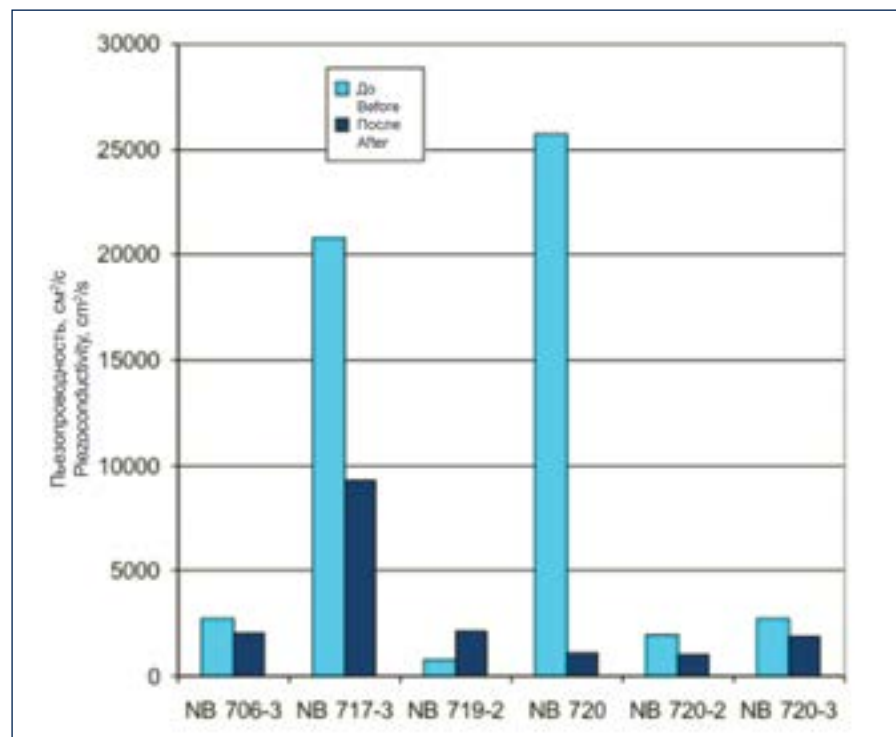
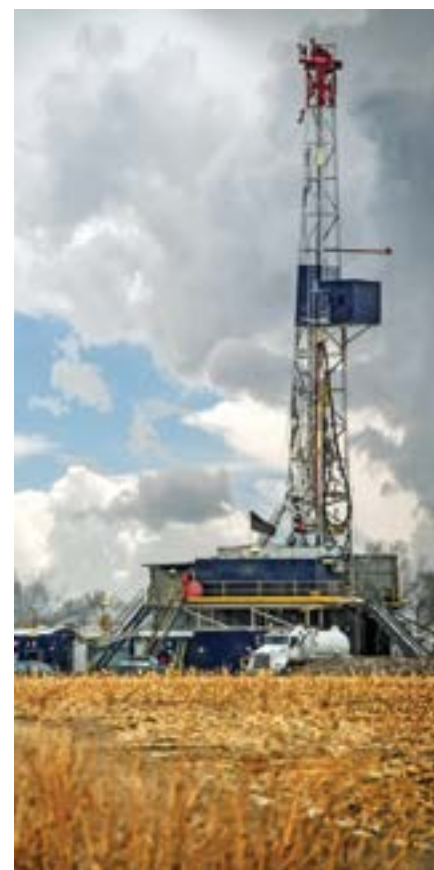


Рис. 2. Изменение пьезопроводности коллектора горизонта Ю₁ в районе участка НЗ после перехода к технологии ИНФП

Fig. 2. Change of piezoconductivity of horizon Ю₁ reservoir in the non-stable flooding area after the transition to the filtration flow direction change technology



Сопоставление значений данного параметра до и после начала ИНФП на данном участке показывает, что показатель снизился с 47 до 8,9

$$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{атм}^{-1}}$$

что можно трактовать как увеличение эффективной мощности коллектора, охваченного воздействием, т. е. в результате применения технологии ИНФП произошло увеличение охвата воздействием на неоднородный коллектор.

Выводы

Таким образом, при сложившемся режиме заводнения образуются обводненные каналы, в которых происходит преимущественное движение закачиваемой воды. Изменение порядка включения и отключения групп нагнетательных скважин приводит к перетоку высоковязкой нефти в заводненные каналы, что отражается на результатах гидродинамических исследований скважин. Применение НЗ в сочетании с ИНФП позволяет увеличить охват воздействием на неоднородный коллектор.



Литература:

1. Обоснование программы геологических исследований флюидов. Информационный отчет НИР по договору научно-технического сопровождения разработки месторождения Северные Бузачи (договор № SC13/242/00/S). М.: ЗАО «Конкорд», 2013. 71 с.
2. Владимиров И.В., Пичугин О.Н., Горшков А.В. Опыт применения технологий нестационарного заводнения на залежах высоковязкой нефти месторождения Северные Бузачи // Нефтепромышленное дело. 2013. № 11. С. 46–52.
3. Владимиров И.В., Велиев Э.М., Альмухаметова Э.М., Абиляиров Д.Т. Применение нестационарного заводнения на залежах высоковязкой нефти с коллектором двойной проницаемости // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. Вып. 4 (98). С. 16–25.
4. Владимиров И.В., Велиев Э.М., Альмухаметова Э.М. Применение нестационарного заводнения в однородном по проницаемости коллекторе, насыщенном высоковязкой нефтью // Энергоэффективность. Проблемы и решения: Материалы форума XIV Международной научно-практической конференции, 23 октября 2014 г. Уфа: Изд-во ГУП «ИПТЭР», 2014. С. 50–52.
5. Альмухаметова Э.М. Сопоставление эффективности технологий теплового воздействия и нестационарного заводнения в разработке залежи высоковязкой нефти // Доклады V Международного научного симпозиума «Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов», 16–17 сентября 2015 г. М.: ОАО «ВНИИ», 2015. С. 66.
6. Программа опытно-промышленных работ по совершенствованию применяемых технологий нестационарного заводнения на участке 7-го блока первого эксплуатационного объекта месторождения Северные Бузачи (первый этап). Научно-техническое сопровождение разработки месторождения Северные Бузачи (договор № SC13/242/00/S). М.: ЗАО «Конкорд», 2013. 71 с.
7. Альмухаметова Э.М. Результаты применения технологии нестационарного заводнения с изменением направления фильтрационных потоков на участке залежи высоковязкой нефти первого эксплуатационного объекта месторождения Северные Бузачи // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2015. Вып. 3 (101). С. 20–27.
8. Владимиров И.В., Велиев Э.М., Альмухаметова Э.М., Варисова Р.Р., Габдрахманов Н.Х. Теоретическое исследование применения нестационарного заводнения в различных геолого-технологических условиях разработки залежей высоковязкой нефти // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. Вып. 3 (97). С. 33–44.

References:

1. Justification of Research program for geological fluids. Information report on the R&D according to the agreement for scientific and technical support for the North Buzachi field development (contract No. SC13/242/00/S). Moscow, Concord CJSC, 2013, 71 p. (In Russian)
2. Vladimirov I.V., Pichugin O.N., Gorshkov A.V. Experience in the use of technology of non-stable flooding at heavy oil deposits of Northern Buzachi field. *Neftepromyslovoe delo = Petroleum Engineering*, 2013, No. 11, pp. 46–52. (In Russian)
3. Vladimirov I.V., Veliyev E.M., Almuhametova E.M., Abylhairov D.T. Application of non-stable flooding in heavy oil deposits with dual permeability reservoir. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov = Problems of collection, treatment and transportation of oil and oil products*, 2014, Rev. 4 (98), pp. 16–25. (In Russian)
4. Vladimirov I.V., Veliyev E.M., Almuhametova E.M. Application of non-stable flooding in uniform permeability reservoir saturated with heavy oil. *Energy Efficiency. Problems and Prospects: Proceedings of XIV International scientific-practical conference forum, October 23, 2014. Ufa: Publishing House of the State Unitary Enterprise IPTER*, 2014, pp. 50–52. (In Russian)
5. Almuhametova E.M. Comparison of the efficiency of thermal stimulation and non-stable flooding technologies in the development of heavy oil deposits. *Reports of the V International Scientific Symposium 'Theory and practice of enhanced oil recovery methods application'*, September 16–17, 2015. Moscow, VNI JSC, 2015. 66 p. (In Russian)
6. The program of pilot projects on the improvement of the technologies used for non-stable flooding of 7th unit area of the first operational facility of North Buzachi field (first stage). Scientific and technical support for the North Buzachi field development (contract No. SC13/242/00/S). Moscow, Concord CJSC, 2013, 71 p. (In Russian)
7. Almuhametova E.M. The results of non-stable flooding technology application with variation of filtration flows direction in the area of heavy oil deposit of the first operational facility of North Buzachi field. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov = Problems of collection, treatment and transportation of oil and oil products*, 2015, Rev. 3(101), pp. 20–27. (In Russian)
8. Vladimirov I.V., Veliyev E.M., Almuhametova E.M., Varysova R.R., Habdrahmanov N.Kh. Theoretical study of non-stable flooding application in various geological and technical conditions of heavy oil deposits development. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov = Problems of collection, treatment and transportation of oil and oil products*, 2014, Rev. 3(97), pp. 33–44. (In Russian)