

Анализ эффективности барьерного заводнения на Киенгопском месторождении

М.Б. Полозов, С.Г. Зайникаев, С.Ю. Борхович

Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ижевск

michael999@inbox.ru

Аннотация

Проблемы разработки нефтяных оторочек известны и актуальны. Опережающее обводнение и увеличение загазованности продукции ведет к снижению относительной фазовой проницаемости по нефти, что ведет к снижению нефтеотдачи залежи и низкой выработке запасов. Барьерное заводнение — один из самых эффективных способов воздействия, применяющихся при добыче нефти из подгазовых зон. Одной из главных проблем при данном виде заводнения является правильность ее организации. Сложная система двухфазной фильтрации нефти и газа, а также неоднозначность нахождения газонефтяного контакта (ГНК) в залежи должны быть учтены при вводе барьерного заводнения в качестве основного воздействия на нефтяную оторочку. В статье была проанализирована система барьерного заводнения, введенная на верейском объекте Киенгопского месторождения. На основе анализа промысловых данных представлено технологическое решение по повышению эффективности барьерного заводнения за счет предотвращения прорыва газа из газовой шапки, снижения газового фактора по добывающей скважине.

Ключевые слова

барьерное заводнение, газовый фактор, нефтяная оторочка, газовая шапка, прорыв газа, нагнетательная скважина

Материалы и методы

На основании практических данных

Для цитирования:

М.Б. Полозов, С.Г. Зайникаев, С.Ю. Борхович. Анализ эффективности барьерного заводнения на Киенгопском месторождении // Экспозиция Нефть Газ. 2020. №4. С. 20-24. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10093

Поступила в редакцию: 8.07.2020

Analysis of efficiency of barrier flooding of Kiengopskoe field

Michail B. Polozov, Sergey G. Zaynikaev, Sergey Y. Borchovich

Oil and Gas Institute named after M. S. Gutseriev, at the Udmurt State University

michael999@inbox.ru

Abstract

The problems of developing oil rims are well known and relevant. Advance watering and an increase in the gas content of the production leads to a decrease in the relative phase permeability for oil, which leads to a decrease in oil recovery of the reservoir and a low recovery of reserves. Barrier flooding is one of the most effective methods of stimulation used in oil production from gas cap zones. One of the main problems in this type of waterflooding is the correctness of its organization. The complex system of two-phase filtration of oil and gas, as well as the ambiguity of the location of the gas-oil contact (GOC) in the reservoir should be taken into account when introducing barrier flooding as the main impact on the oil rim. The article analyzes the barrier waterflooding system introduced at the Vereisky site of the Kiengopskoye field. Based on the analysis of field data, a technological solution is presented to improve the efficiency of barrier flooding by preventing gas breakthrough from the gas cap, reducing the gas factor in the production well.

Keywords

barrier flooding, GOR, oil rim, gas cap, gas breakthrough, injection well

Materials and methods

Based on practical evidence

For citation:

М.В. Полозов, С.Г. Заиникаев, С.Ю. Борхович. Analysis of efficiency of barrier flooding of Kiengopskoe field // Ekspozitsiya Net' Gaz = Exposition Oil Gas, 2020. issue 3, pp. 20-24. DOI:10.24411/2076-6785-2020-10093

Received: 8.07.2020

Tab. 1 — Эффективность барьерного заводнения по элементам разработки. Верейский объект Киенгопской площади
Tab. 1 — Efficiency of barrier flooding by development elements. Vereysky object of Kiengop square

Место-рождение	Номер ячейки	Срок реализации барьера, после начала добычи	Зона расположения нагнетательных скважин барьерного заводнения	Эффект, тыс. т
Киенгопское	3	3 года	газонефтяная и нефтяная	36
Киенгопское	1	9 лет	газонефтяная и газовая	0
Киенгопское	2	5 лет	газонефтяная и нефтяная	0
Киенгопское	5	2 года	газонефтяная	0
Киенгопское	6	1 месяц	газонефтяная и нефтяная	0
Киенгопское	7	6 месяцев	газонефтяная и нефтяная	0
Киенгопское	4	—	—	нет ППД

Введение

Разработка нефтяных оторочек с каждым годом увеличивает свою актуальность. Многие месторождения, разрабатываемые в России осложнены наличием газовой шапки. Барьерное заводнение применяется, в основном, в случае краевых нефтяных оторочек, что было освещено в работе [1]. На Киенгопском месторождении газовая шапка имеет большие размеры по сравнению с краевой нефтяной оторочкой, средняя эффективная толщина которой по объекту составляет 3 м. Кроме того, близкое расположение поверхностей газ-нефть и нефть-вода, расстояние между которыми равно около 26 м по вертикали, способствуют образованию газовых и водяных конусов вблизи добывающих скважин. Средняя проницаемость 0,138-0,149 мД по данным ГДИ. Среднее значение динамической вязкости нефти верейских отложений Киенгопской площади составляет 12,88 мПа·с [2]. В условиях двухфазной фильтрации нефти и газа к забою добывающей скважины быстрее будет продвигаться газ — повышенная вязкость в данном случае имеет больший отрицательный эффект. Данные проблемы были изучены в работе [3]. Барьерное заводнение в данном случае должно предотвращать осложнения, негативно влияющие на стабильную добычу нефти.

Анализ барьерного заводнения на верейском объекте Киенгопской площади

Начальное пластовое давление по объекту составляет 118 атмосфер. По имеющимся данным пластовое давление оценивается на уровне 116 атмосфер. Пластовое давление по объекту остается стабильным, близким к значению начального пластового давления, барьерное заводнение в данном случае является наиболее эффективным [4]. Реализация системы барьерного заводнения началась в 2013 году. По состоянию на 01.01.2019 г. она насчитывает девять скважин. Для систематизации анализа вся площадь была разделена на несколько ячеек, включающих в себя все скважины эксплуатационного фонда. Эффективность каждой из них была оценена отдельно. В ходе анализа были рассмотрены: — технологические показатели работы нагнетательных скважин, а также реагирующих на них добывающих;

— зависимость расположения нагнетательных скважин в нефтяной или газонефтяной части залежи, а также сроки реализации барьера после ввода добывающих скважин. Результаты оценки приведены в таблице 1. [5] На основе данного анализа было сделано несколько выводов. • Положительных эффект наблюдается только в одной из 7 ячеек. Нагнетательные скважины в данной зоне создают водный барьер, способствующий стабильной добыче нефти на добывающих скважинах. • Основным недостатком введенной системы заводнения является неудачное расположение нагнетательных скважин; ограничить прорывы газа к добывающим скважинам не удалось.

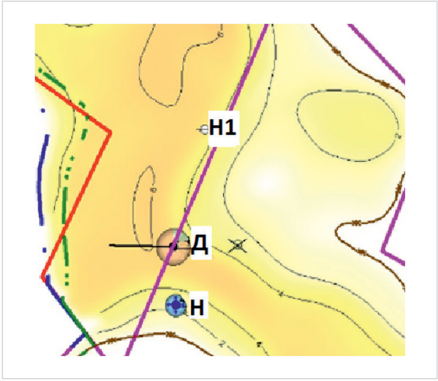


Рис. 1 — Карта текущих отборов. Район скважины Д
Fig. 1 — Map of current selections. Well D area

- Если ввод барьерного заводнения в ячейках существенно отстает от начала добычи, эффективность его значительно снижается.
 - Дополнительная добыча нефти в ячейке 3 оценивается примерно в 4 тонны в сутки, что дает эффект в 36 тыс. тонн дополнительно добытой нефти, что говорит об эффективности применения системы барьерного заводнения при правильной ее организации.
- На основании данных выводов, можно дать некоторые рекомендации.
- Наиболее удачным является расположение скважин барьерного заводнения в газонефтяной зоне. При этом добывающие скважины не должны находиться за барьерной скважиной ближе к внутреннему контуру газоносности. Желательно следующее расположение скважин: нагнетательная

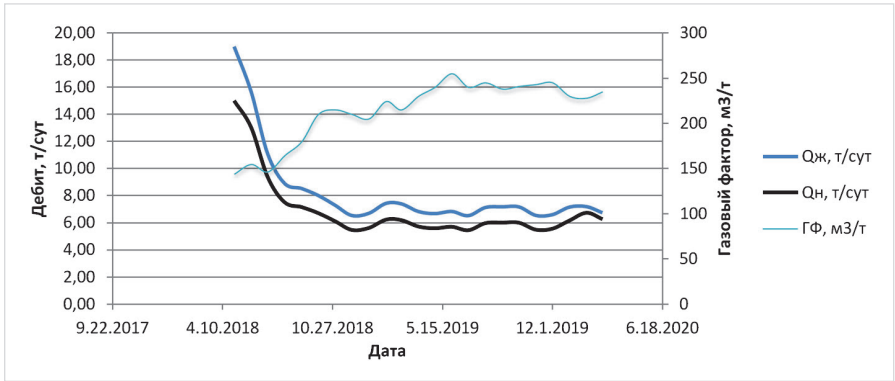


Рис. 2 — Зависимость дебита нефти от газового фактора скважины Д
Fig. 2 — Dependence of oil production rate on the gas factor of well D

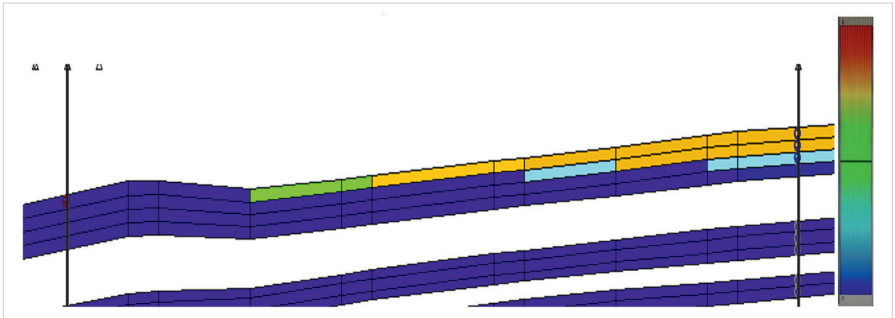


Рис. 3 — Геологический разрез, проходящий через скважины Д (слева) и Н (справа) на 01.01.2019 г.
Fig. 3 — Geological section passing through wells D (left) and N (right) as of 01.01.2019

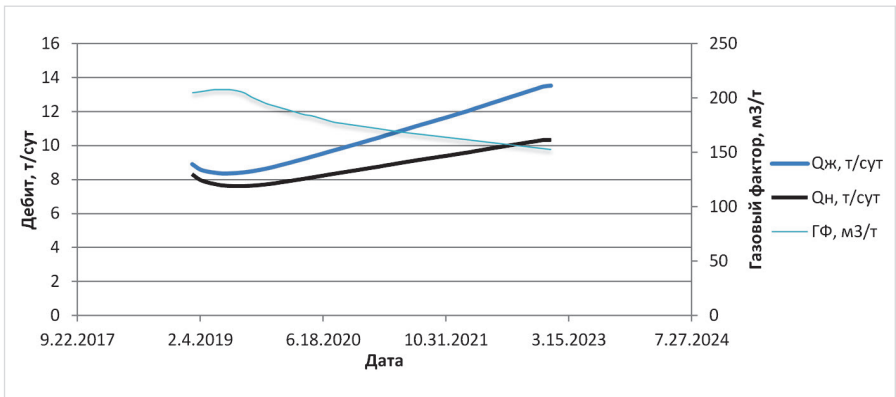


Рис. 4 — Динамика показателей скважины Д по прогнозу
Fig. 4 — Dynamics of well D indicators according to the forecast

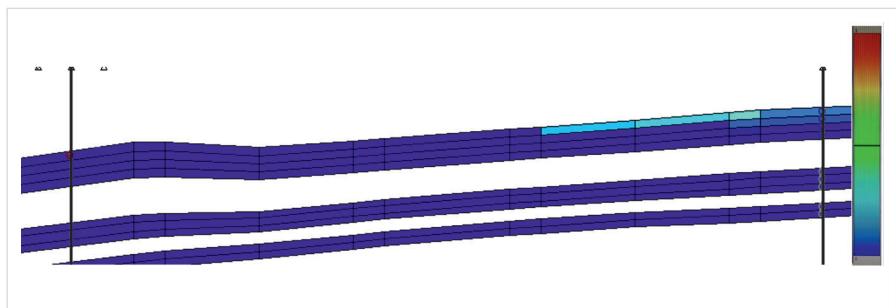


Рис. 5 — Геологические разрез на 01.01.2023 г.
Fig. 5 — Geological section as of 01.01.2023

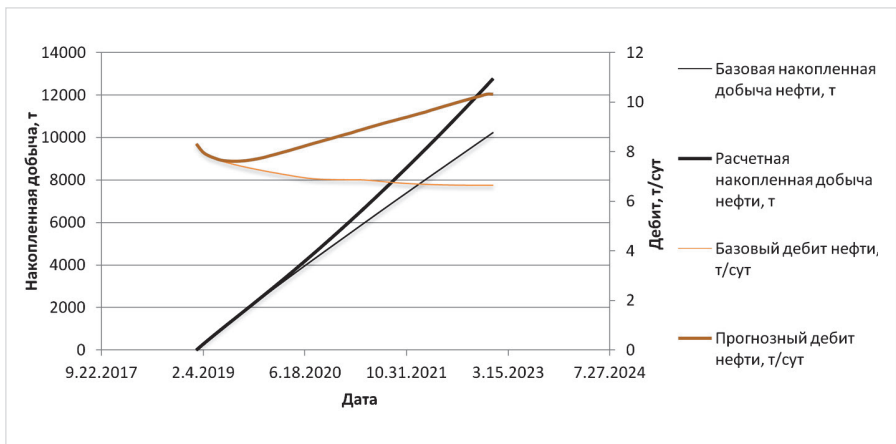


Рис. 6 — Сравнение базовых и расчетных показателей по нефти
Fig. 6 — Comparison of baseline and calculated oil indicators

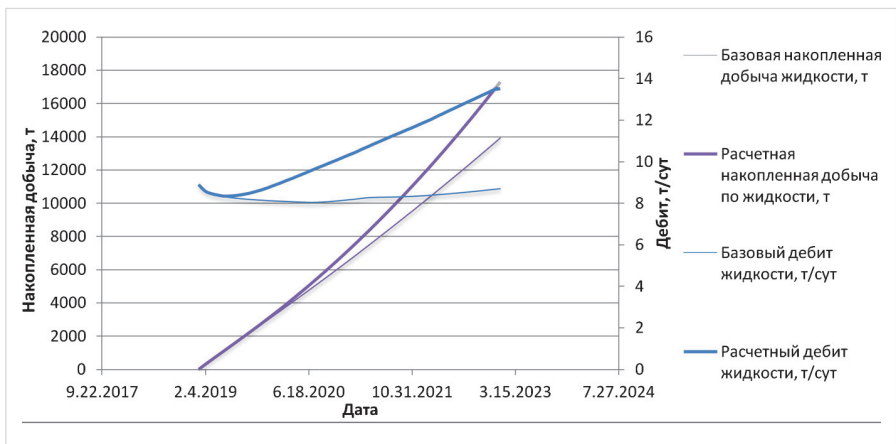


Рис. 7 — Сравнение базовых и расчетных показателей по жидкости
Fig. 7 — Comparison of basic and calculated indicators for liquid

должна находиться в нефтегазовой зоне, ближе к внешнему контуру газоносности, а добывающая скважина в нефтяной зоне.

- Реализация барьерного заводнения должна быть осуществлена до появления отрицательного влияния газа, в противном случае эффективность данного вида заводнения отсутствует. Прорыв газа к ПЗП приводит к тому, что скважина начинает работать с повышенным газовым фактором — это приводит к газозовыванию скважины, что может повлечь полную остановку добычи. Данная проблема актуальна и малоизучена.
- Добывающие скважины должны быть защищены барьером от газа со всех сторон, где присутствует газ. Необходимо систематически проводить исследования по определению пластового давления, давлений в газовой и нефтяной части пласта, оценке текущего положения ГНК.

В работе [6] был сделан вывод о том, что в пологозалегающих пластах с большой протяженностью поверхности контакта нефти и газа особый интерес представляет именно подход к разработке нефтяных оторочек созданием жидкостного (водяного) барьера на уровне ГНК для изолирования газовой шапки и поддержания пластового давления (ППД). В ходе анализа было выяснено, что нагнетательные скважины создают зоны повышенного давления, которые препятствуют продвижению газа. Это производит положительный эффект, в случае организованного подхода к выбору скважин и учета геологических особенностей района залежи.

Повышение эффективности барьерного заводнения на верейском объекте Кienгопской площади

В качестве опытного участка была выбрана ячейка 7, в которой также не было выявлено положительного эффекта от реализации барьерного заводнения. В данный момент в ячейке работает только одна вертикальная нагнетательная скважина Н, создающая барьер для единственной добывающей горизонтальной скважины Д с юга, основная же газовая шапка расположена на северо-востоке (рис. 1).

В ходе анализа работы скважины Д (рис. 2) было выявлено, что значения дебитов по нефти и жидкости с начала ее работы падают до 6 т/сут, а газового фактора увеличиваются со 144 до 225 м3/т. При эксплуатации скважины с использованием штангового насосного оборудования газозовывание продукции является более негативным для добычи, чем обводнение, поскольку оно приводит к нестабильной добыче, возможному полному срыву подачи установки и необходимости ремонта оборудования.

Данный рост был вызван подходом газа из газовой шапки, что было выявлено при изучении геологического разреза на гидродинамической модели залежи (рис. 3), где цветом показана насыщенность газом, изменяющаяся по шкале от синего цвета (значение газонасыщенности равно 0) до красного (газонасыщенность равна 1).

Газ движется к забою добывающей скважины с северной, северо-восточной стороны, то есть со стороны основной газовой шапки. Для повышения эффективности барьерного заводнения необходимо учитывать выводы

Tab. 2 — Расчёт дополнительной добычи при внедрении барьерного заводнения
Tab. 2 — Calculation of additional production when introducing barrier flooding

Отчетный период	Дополнительная добыча жидкости, Qж, т	Дополнительная добыча нефти Qн, т
к 2020	62,5	70,61
к 2021	616,45	518
к 2022	1686,91	1349,53
к 2023	3328,72	2541

и рекомендации, сформулированные выше.

Скважина Н, расположенная южнее не может обеспечить барьер, поэтому необходимо ввести дополнительную нагнетательную скважину, создающую барьер для подхода газа. Для проектирования данного технологического решения была выбрана вертикальная скважина Н1, бывшая в консервации и удачно расположенная для создания барьера.

Прогноз эффективности технологических показателей

Технологическая эффективность была определена с помощью модели [7], в которой был создан прогнозный вариант разработки до 2024г.

Динамика работы скважины Д (рис. 4) по прогнозному варианту показывает, что

создание барьера со скважины Н1 привело к положительному эффекту: значения газового фактора снизились, в связи с чем дебиты по нефти и жидкости возросли.

На геологическом разрезе (рис. 5) так же видно, что газ, который в 2019 году подходил к забою скважины 444В1 был вытеснен водой, газонасыщенность при этом уменьшилась.

Результаты сравнения прогнозного и базового варианта разработки представлены на рис. 6 и рис. 7. Динамика показателей работы скважины Д улучшилась, об этом свидетельствует дополнительная добыча по нефти и жидкости, которая к 2023 году составит 2541 тонны и 3329 соответственно (табл. 2).

Выводы

Обосновано использование барьерного заводнения на основе анализа геолого-физической характеристики и текущего состояния разработки Кienгопской площади Чутырско-Кienгопского месторождения. Согласно выполненным на гидродинамической модели расчетам создание зоны повышенного давления способствует сохранению стабильной добычи нефти и образованию условий для увеличения добычи по рассматриваемой скважине.

Литература

1. Закиров С. Н. Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных

месторождений. М.: Струна, 1998. 628 с.

2. Дополнение к технологическому проекту разработки Чутырско-Кienгопского газонефтяного месторождения Удмуртской Республики. ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр», ОАО «Удмуртнефть», 2019.
3. Панфилов М.Б. Единая концепция разработки сложнопостроенных нефтегазовых месторождений: обз. инф. М.: ИРЦ Газпром, 1994. 96 с.
4. Закиров И.С. Совершенствование разработки нефтегазовых залежей со слоисто-неоднородными коллекторами. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук, ИПНГ РАН, ГАНГ им. Губкина, 1996.
5. Свод анализ барьерного заводнения по месторождениям ОАО «Удмуртнефть». ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр» отдел контроля энергетического состояния пластов, ОАО «Удмуртнефть», 2019.
6. Топал А.Ю., Фирсов В.В., Зорин А.М., Цепелев В.П. Особенности разработки карбонатных нефтяных оторочек с наличием обширных газовых шапок с использованием барьерного обводнения месторождений ОАО «Удмуртнефть» // Нефтяное хозяйство. 2019. №6. С. 46–50.
7. Бадиков И.Х., Байков В.А., Борщук О.С. Программный комплекс "РН-КИМ" как инструмент гидродинамического моделирования залежей углеводородов // Недропользование XXI век. С. 96–103.

ENGLISH

Conclusions

The use of barrier flooding was substantiated on the basis of the analysis of the geological and physical characteristics and the current state of development of the Kienгопskaya area of the

Chutyrsko-Kienгопskoye field.

Creation of a water barrier, by cutting off the flow of gas from the gas cap, contributes to the maintenance of stable oil production at the well under study.

References

1. Zakirov S. N. Development of gas, gas condensate and oil and gas condensate fields. M.: Struna, 1998. 628 p.
2. Addendum to the technological project for the development of the Chutyrsko-Kienгопg gas and oil field in the Udmurt Republic. Izhevsk Oil Research Center CJSC, Udmurtneft OJSC, 2019.
3. Panfilov M.B. A unified concept for the development of complex oil and gas fields: review. Inf. M. : IRTs Gazprom, 1994, 96 p.
4. Zakirov I.S. Improving the development of oil and gas deposits with layered heterogeneous reservoirs. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, IPNG RAS, GANG named after Gubkin, 1996.
5. Summary analysis of barrier waterflooding for the fields of ОАО Udmurtneft. ZAO Izhevsk Oil Research Center, Department for Monitoring the Energy State of Formations, ОАО Udmurtneft, 2019.
6. Topal A.Yu., Firsov V.V., Zorin A.M., Tsepelev V.P. Features of the development of carbonate oil rims with the presence of extensive gas caps using barrier watering of the fields of ОАО Udmurtneft // Oil Industry, 2019, issue 6, pp. 46–50.
7. Badykov I.Kh., Baikov V.A., Borshchuk O.S. RN-KIM software complex as a tool for hydrodynamic modeling of hydrocarbon deposits // Subsoil use XXI century. p. 96–103.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Полозов Михаил Брониславович, к.б.н., доцент кафедры РЭНГМ, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет

Michail B. Polozov, Ph. D., Associate Professor, Oil and Gas Institute named after M. S. Gutseriev, at the Udmurt State University

Зайникаев Сергей Генрихович, студент 4 курса, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет

Sergey G. Zaynikaev, 4th year student, Oil and Gas Institute named after M. S. Gutseriev, at the Udmurt State University

Борхович Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры РЭНГМ, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет michael999@inbox.ru

Sergey Y. Borchovich, Ph. D., Associate Professor, Oil and Gas Institute named after M. S. Gutseriev, at the Udmurt State University michael999@inbox.ru