

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.16-22>

EDN ТМНСНУ

УДК 622.276.1/4.001.57

**О моделировании фильтрационного эксперимента
по закачке CO₂ для вытеснения нефти в модели
составного ядра терригенного коллектора**

Сотников О.С., Белошапка И.Е., Хабибуллин Р.А.

Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

**About simulation of filtration experiment on the CO₂ injection
to displacement of oil in a composite core model
of terrigenous reservoir**

O.S. Sotnikov, I.E. Beloshapka, R.A. Khabibullin

TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

E-mail: KhabibullinRadmira@tatnipi.ru

Аннотация. Одним из важных инструментов для обоснованного принятия управленческих решений при разработке месторождений углеводородов является моделирование процессов извлечения нефти и газа. Изучая процессы разработки на теоретических моделях, можно избежать значительных затрат при проведении реальных испытаний путем предварительного анализа возможных осложнений.

Ключевые слова: *фильтрационный эксперимент, закачка CO₂, компьютерное моделирование, ОП, РВТ*

Для цитирования: Сотников О.С., Белошапка И.Е., Хабибуллин Р.А. О моделировании фильтрационного эксперимента по закачке CO₂ для вытеснения нефти в модели составного ядра терригенного коллектора//Нефтяная провинция.-2023.-№1(33).-С.16-22. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.16-22>. - EDN ТМНСНУ

Abstract. One of the important tools for sound management decision-making in the development of hydrocarbon fields is the modeling of oil and gas extraction processes. By studying development processes on theoretical models, it is possible to avoid significant costs in real-life testing by preliminary analysis of possible complications.

Key words: *filtration experiment, CO₂ injection, computer simulation, relative permeability, PVT*

For citation: O.S. Sotnikov, I.E. Beloshapka, R.A. Khabibullin O modelirovanii fil'tratsionnogo eksperimenta po zakachke CO₂ dlya vytesneniya nef'ti v modeli sostavnogo kerna terrigen'nogo kollektora [About simulation of filtration experiment on the CO₂ injection to displacement of oil in a composite core model of terrigenous reservoir]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(33), 2023. pp. 16-22. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.1.16-22>. EDN ТМНСНУ (in Russian)

По существующим на сегодняшний день тенденциям по росту выработки различными производствами CO₂, негативно влияющим на экологическую обстановку, становится ясно что в ближайшей перспективе остро встает вопрос по его утилизации. Многочисленные испытания показали, что CO₂ может быть применен в целях МУН в качестве вытесняющего агента, что естественно может помочь в проблеме его утилизации.

Вследствие вышеописанного, целесообразным является изучение различными способами фильтрационных процессов, возникающих при применении CO₂ в качестве вытесняющего агента в нефтеносных пластах [1].

В данной статье рассмотрены принципы моделирования фильтрационного эксперимента закачки CO₂ для вытеснения нефти в составном керне, построения PVT модели для заполнения данными и сравнение результатов моделирования с реальным экспериментом.

Построение гидродинамической модели закачки CO₂ с целью получения данных для построения ОФП в системе «нефть-CO₂» производилось с использованием программного обеспечения tNavigator. Составной керн моделировался одномерной расчётной сеткой, которая воспроизводила геометрические и фильтрационные параметры реального керна. Для проведения фильтрационного эксперимента использовались составная модель пласта, состоящая из шести единичных образцов керна терригенного коллектора. Проницаемости образцов керна, из которых собиралась составная

модель находились в диапазоне от 0,243 мкм² до 0,299 мкм². Для моделирования принималась модель нелетучей нефти (Black Oil).

Перевод размеров цилиндрического образца в декартовую систему производился методом пересчета площадей торцов образцов из круглых поверхностей в квадратные. При построении структурной сетки было определено, что параметры расчетов, установленные по умолчанию в tNavigator не позволяют создать модель в масштабах фильтрационного эксперимента. Проблема оказалась в минимальном поровом объеме задаваемым ключевым словом MINPV в разделе GRID по умолчанию. Для метрической системы измерения минимальное значение порового объема, после которого ячейка принималась за неколлектор, равнялось 10⁻⁶ м³, уменьшение данного параметра позволило создать структурную сетку для нашего случая. Общий вид расчётной сетки и распределение газопрооницаемости приведено на рис. 1.

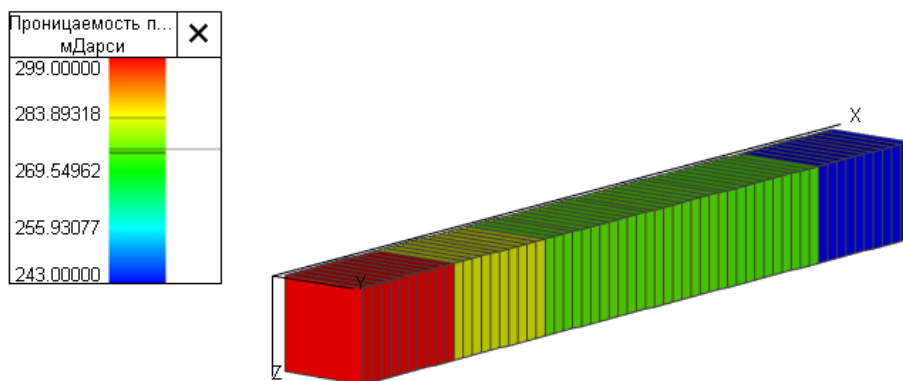


Рис. 1. Общий вид расчётной сетки и распределение газопрооницаемости

Для корректного моделирования процессов вытеснения нефти газом CO₂ критичным является правильно задание PVT свойств применяемых флюидов и агентов. В качестве модельных свойств нефти были использованы параметры нефти рекомбинированной пробы пластовой нефти, полученные по результатам PVT-моделирования. Основы построения PVT модели будут рассмотрены в другой работе. В данной статье особо выделим то, что необходимо тщательно подходить к подготовке исходных данных для получения достоверных результатов [2,3].

При помощи сравнения полученных данных по вытесняемой нефти и давлениям были получены кривые ОФП методом подбора параметров корреляции LET. ОФП, которые полученные в процессе и заложены для итогового гидродинамического моделирования, приведены на рис. 2.

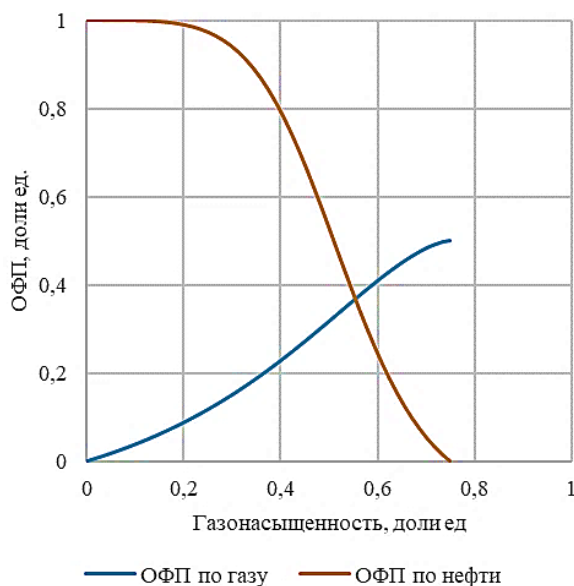


Рис. 2. ОФП в системе «нефть-СО₂»

Сравнение модельных данных с результатами реального фильтрационного эксперимента приведено на рис. 3-4 с усеченными временными интервалами простоя.

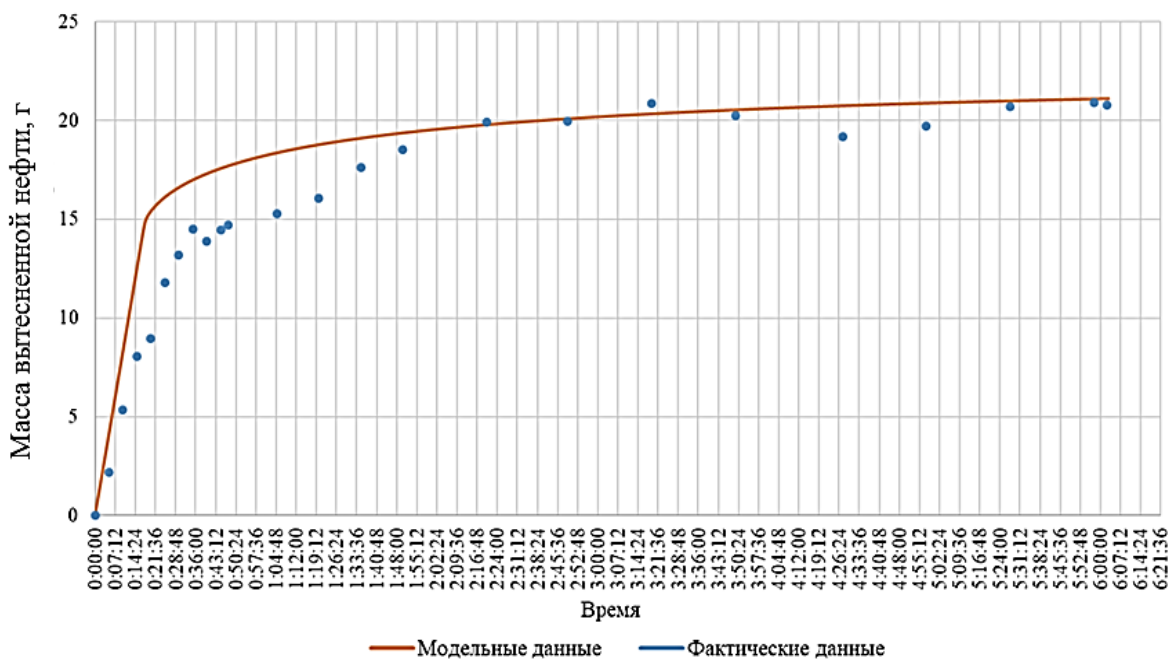


Рис. 3. Сравнение фактической и модельных данных по динамике вытеснения нефти в системе «нефть-СО₂»

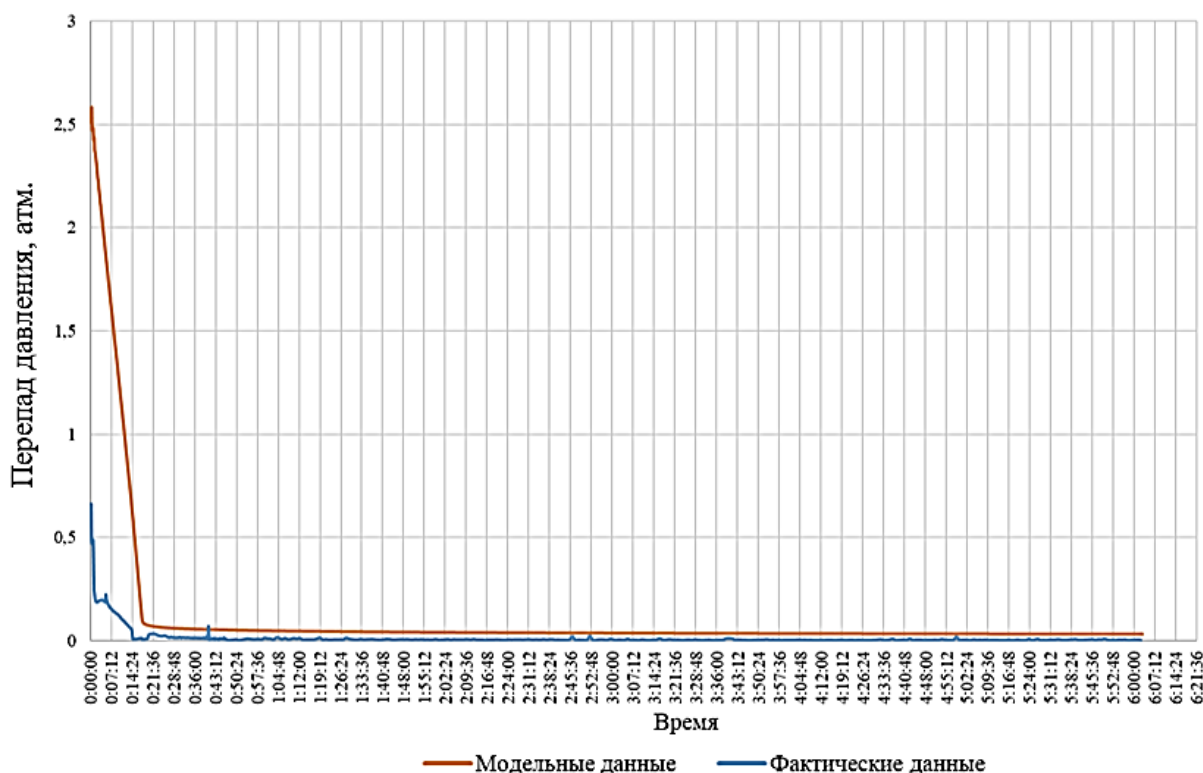


Рис. 4. Сравнение фактической и модельных данных по динамике перепада давления в системе «нефть-СО₂»

Накопленная масса вытесненной нефти по результатам моделирования составила 21,1 г (по результатам фактического эксперимента 20,8 г), результаты приведены на рис. 2. Расхождения по массе вытесненной нефти связано с необходимостью перезарядки емкости с СО₂ во время проведения фактического фильтрационного эксперимента, в результате которого в составной модели произошло перераспределение давлений, что в свою очередь повлияло на темпы вытеснения нефти. Следует указать что адаптации модели по данным дебитов газа не производились, так как в реальном фильтрационном эксперименте отсутствовала запись данного параметра в связи с техническими возможностями.

Выводы:

- исходя из приведённых результатов можно сделать вывод, что полученная кривая ОФП для системы «нефть-СО₂» позволяет корректно смоделировать данные фактического фильтрационного эксперимента;

- при моделировании в tNavigator для метрической системы измерения необходимо учитывать, что минимальное значение порового объема, заданное по умолчанию, может повлиять на результаты моделирования;
- при использовании данных других модулей tNavigator необходимо сверять единицы измерения.

Список литературы

1. Хромых Л.Н., Литвин А.Т., Никитин А.В. Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов. – Текст : электронный // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 5. – С. 1-10. – URL: <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (дата обращения: 21.11.2022).
2. Ганиев Д.И., Белошапка И.Е. Контроль эффективности разрабатываемых технологий повышения нефтеотдачи пластов на основе фильтрационных исследований // Рассохинские чтения : материалы Междунар. конф., 1-2 февр. 2018 г. : в 2 ч. / под ред. Н.Д. Цхадая. – Ухта : УГТУ, 2018. – Ч. 2. – С. 10-13.
3. Ганиев Д.И., Белошапка И.Е. Контроль эффективности технологий повышения нефтеотдачи на основе фильтрационных и томографических исследований // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – Альметьевск : АГНИ, 2018. – Т. 17. – С. 13-17.

References

1. Khromykh L.N., Litvin A.T., Nikitin A.V. The use of carbon dioxide in the processes of enhanced oil recovery // Bulletin of Eurasian Science. – 2018. – No. 5. – P. 1-10. – URL: <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (date of the application: 21.11.2022).
2. Ganiev D.I., Beloshapka I.E. Monitoring the effectiveness of developed technologies for enhanced oil recovery based on filtration studies // Rassokhin Readings : materials of the international conference (February 1-2, 2018) : At 2 h. / ed. N.D. Tskhadaya. – Ukhta : USTU, 2018. – Part 2. – P. 10-13.
3. Ganiev D.I., Beloshapka I.E. Efficiency control of enhanced oil recovery technologies based on filtration and tomographic studies // Scientific notes of the Almeteyevsk State Oil Institute. – Almeteyevsk : Almeteyevsk State Oil Institute, 2018. – Vol. 17. – P. 13-17.

Сведения об авторах

Сотников Олег Сергеевич, кандидат технических наук, начальник отдела исследования скважин коллекторов и углеводородов, институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423241, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 66
E-mail: sotnikov@tatnipi.ru

Белошанка Иван Евгеньевич, кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела исследования скважин коллекторов и углеводородов, институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Советская, 216
E-mail: i.e.beloshapka@gmail.com

Хабибуллин Радмир Альфисович, инженер отдела исследования скважин коллекторов и углеводородов, институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Советская, 216
E-mail: habibullinradmir@tatnipi.ru

Authors

O.S. Sotnikov, PhD, Head of Formation Evaluation and Well Test Department, TatNIPIneft Institute-PJSC TATNEFT
66, Musa Jalil st., Bugulma, 423241, Russian Federation
E-mail: sotnikov@tatnipi.ru

I.E. Beloshapka, PhD, Junior research scientist, Formation Evaluation and Well Test Department, TatNIPIneft Institute-PJSC TATNEFT
216, Sovetskaya st., Almetyevsk, 423462, Russian Federation
E-mail: i.e.beloshapka@gmail.com

R.A. Khabibullin, Engineer, Formation Evaluation and Well Test Department, TatNIPIneft Institute-PJSC TATNEFT
216, Sovetskaya st., Almetyevsk, 423462, Russian Federation
E-mail: habibullinradmir@tatnipi.ru

Статья поступила в редакцию 21.11.2022
Принята к публикации 20.03.2023
Опубликована 30.03.2023