



УДК 622.276.652

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПАРОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ

OPTIMIZATION OF STEAM-GAS STIMULATION METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HARD-TO-RECOVER OIL RESERVES DEVELOPMENT

Гареев Ильшат Фанилович

магистрант группы 73-11,
инженер лаборатории фильтрационных
исследований Центра научно-технических исследований,
Альметьевский государственный
технологический университет
«Высшая школа нефти»
ilshat2001gareev@yandex.ru

Научный руководитель

Хаярова Динара Рафаэлевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений,
Альметьевский государственный
технологический университет
«Высшая школа нефти»
gildinara14@mail.ru

Аннотация. В настоящее время одним из наиболее актуальных вопросов топливно-энергетического комплекса не только в России, но и всего мира остается снижение вредного влияния промышленных выбросов в атмосферу, а также увеличение доли их утилизации и использования. Для решения вопросов обеспечения экологической безопасности важно разработать методы утилизации дымовых газов от различных источников и оценить возможность их применения для повышения эффективности процесса извлечения нефти. Целью исследований является определение оптимального паронефтяного отношения при вытеснении нефти паром с добавлением дымового газа.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, парогазовое воздействие, нефтеизвлечение, лабораторные исследования, оптимизация, пластовые условия.

Gareev Ilshat Fanilovich

Master's Student of group 73-11,
Engineer of the Filtration Research
Laboratory at the Center for Scientific
and Technical Research,
Almetyevsk State Technological University
«Petroleum high school»
ilshat2001gareev@yandex.ru

Scientific supervisor

Khayarova Dinara Rafaelevna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Development and Operation
of Oil and Gas Fields,
Almetyevsk State Technological University
«Petroleum high school»
gildinara14@mail.ru

Annotation. At present one of the most urgent issues of the fuel and energy complex not only in Russia, but also all over the world is the reduction of the harmful effect of industrial emissions into the atmosphere, as well as increasing the share of their utilization and utilization. To solve the issues of environmental safety it is important to develop methods of utilization of flue gases from various sources and assess the possibility of their application to improve the efficiency of the oil recovery process. The purpose of the research is to determine the optimal steam-oil ratio for oil displacement by steam with the addition of flue gas.

Keywords: high-viscosity oil, steam-gas impact, oil recovery, laboratory studies, optimization, reservoir conditions.

При использовании тепловых методов повышения нефтеизвлечения достигаются высокие коэффициенты извлечения, однако часто возникают проблемы с эксплуатационной эффективностью. Эффективность эксплуатации связана с высокими затратами на производство пара и очистку добываемой воды. Возникает проблема, когда эти затраты в конкретном проекте становятся нерентабельными. Проблема может быть переведена в плоскость необходимости снижения нормы объема закачиваемого пара на единицу объема добываемой нефти. Последние исследования показывают, что закачка пара с различными газами позволяет снизить этот показатель.

В работе А. Мохсензаде были проведены экспериментальные исследования влияния различных неуглеводородных газов на производительность процесса закачки газа с последующей совместной закачкой пара и газа на добычу тяжелой нефти из полноразмерных карбонатных кернов с низкой проницаемостью. Исследования проводились в пластовых условиях в лабораторной модели с длинными трещинами. Три разных газа: чистый CO_2 , чистый N_2 и их смеси. Установлено, что при истощении трещин поршневое вытеснение нефти закачкой азота, пенообразование при закачке CO_2 являются наиболее важными механизмами, влияющими на эффективность добычи нефти до прорыва газа. Резуль-



таты оценки нефтеотдачи показали, что использование дымовых газов при закачке газа и парогазовой совместной закачке оказалось более эффективным для увеличения извлечения тяжелой нефти из трещиноватых коллекторов [1].

Авторы Л.М. Рузин, В.Б. Козлов запатентовали способ добычи высоковязкой нефти, включающий закачку через нагнетательные скважины в пласт теплоносителя, вырабатываемого размещенной вблизи устьев скважин парогенераторной установкой. Вблизи устьев скважин устанавливается струйный компрессор, соединяют его трубопроводами с парогенераторной установкой и подают вырабатываемые в процессе работы установки теплоноситель в струйный компрессор в качестве активной среды, а дымовые газы в качестве пассивной, при этом образующуюся на выходе из струйного компрессора парогазовую смесь направляют в нагнетательные скважины [2].

Также коллективом авторов приведен анализ мирового лабораторного и промышленного опыта исследований эффективности вытеснения нефти с использованием дымовых газов. Сделаны выводы об оптимальных критериях осуществления процесса и обозначены дальнейшие пути развития исследований, с учетом условий возможного применения в Республике Татарстан [3].

Газовые методы нефтеизвлечения являются одним из эффективных способов увеличения объемов добычи нефти.

Актуальность использования таких методов связана с рядом причин:

1. Увеличение добычи нефти. Дымовой газ и пар позволяют добывать нефть из песчаных или карбонатных пластов, которые ранее оставались неизученными. Это позволяет значительно увеличить объемы добычи нефти.

2. Снижение затрат на добычу. Данный способ позволяет снизить затраты на добычу нефти, так как позволяет использовать естественное давление газа вместо насосного оборудования.

3. Газовые методы позволяют добыть нефть непосредственно на объекте, что снижает затраты на транспортировку.

В целом, повышение эффективности использования дымового газа и пара является актуальным вопросом в нефтегазовой промышленности и имеет большой потенциал [4].

Одной из основных проблем повышения эффективности закачки дымовых газов и пара является высокая стоимость и сложность использования современных технологий. Некоторые из них могут быть доступны только крупным компаниям с высокими бюджетами, что может затруднить внедрение для малых и средних компаний. Кроме того, в ряде случаев применение некоторых газовых методов может приводить к ухудшению качества нефти или снижению эксплуатационной надежности оборудования, что также может затруднить применение этих технологий [5].

Также важной проблемой является экологическое воздействие. Некоторые из методов могут приводить к выбросам вредных веществ в атмосферу и загрязнению поверхностных вод, что может создавать негативные последствия для окружающей среды. Возможны проблемы с технической реализацией. Например, для реализации некоторых методов необходимо строительство новой инфраструктуры, что может требовать значительных инвестиций. Кроме того, некоторые методы могут приводить к повышению вязкости нефти и требовать применения дополнительных технологий для её добычи. Наконец, важно учитывать различия в геологии месторождений и необходимость адаптации методов к конкретным условиям, что повлечет необходимость проведения дополнительных исследований и тестирования новых методов, т.е. потребовать дополнительных ресурсов [6].

Проведены лабораторные исследования для оценки коэффициента вытеснения нефти паром (220 °С) и парогазовой смесью (пар + дымовой газ) на физической модели пласта, смоделированной по гранулометрическому составу керна. Модель формировалась из кварцевого песка с добавлением нефти, воды и глины, имитируя естественные условия пласта. Эксперименты проводились при постоянном расходе пара (1 см³/мин) с постепенным увеличением доли дымового газа (от 0,125 до 2 см³/мин).

Результаты показали, что использование парогазовой смеси значительно повышает эффективность вытеснения нефти по сравнению с чистым паром. При закачке только пара коэффициент вытеснения составил 21 %, а остаточная нефтенасыщенность снизилась на 8 %. Добавление дымового газа привело к значительному повышению эффективности: при максимальной доле газа (2 см³/мин) коэффициент вытеснения достиг 73 %, а остаточная нефтенасыщенность сократилась до 11 %, что на 51 % эффективнее базового режима с паром.

Ключевыми факторами улучшения стали:

- Снижение теплотерь через стенки модели за счет дымового газа, что повысило теплоперенос паром;
- Раскрытие поровых каналов газом, улучшившее распределение пара и контакт с нефтью;
- Снижение вязкости нефти за счет взаимодействия с дымовым газом и предотвращение канальных прорывов.



На рисунке 1 представлены коэффициенты вытеснения нефти для пяти экспериментов.

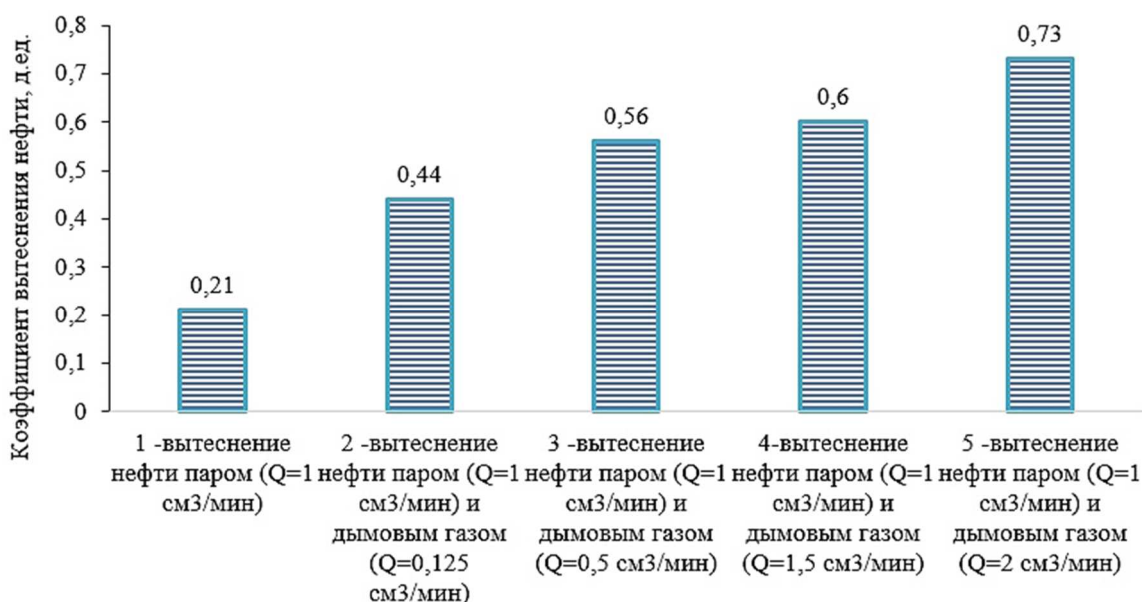


Рисунок 1 – Результаты определения коэффициента вытеснения нефти паром и паром с дымовым газом

На рисунке 2 отражен график изменения нефтенасыщенности для условий выполненных экспериментальных исследований.

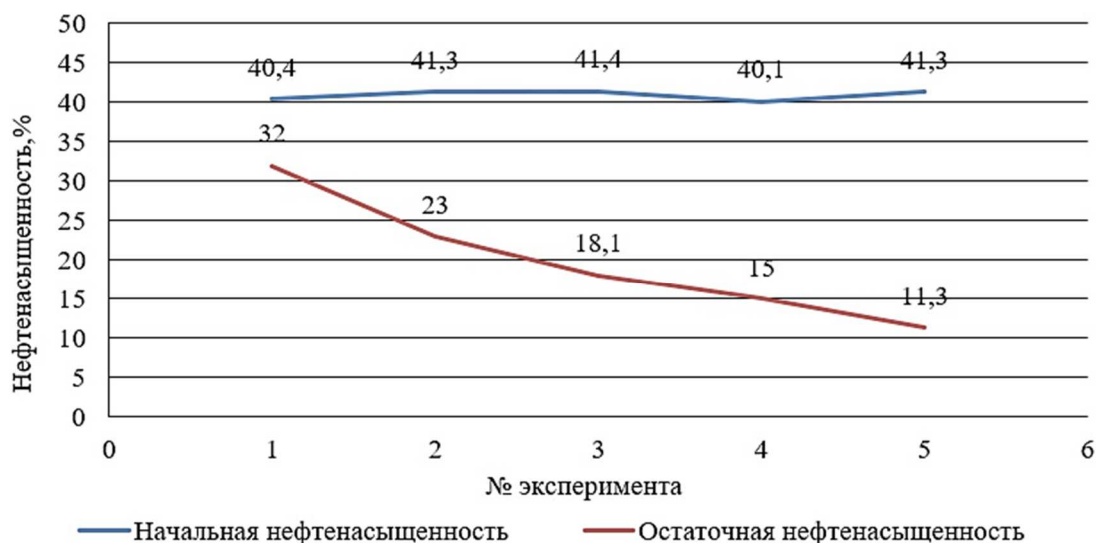


Рисунок 2 – Величины начальной и остаточной нефтенасыщенности, полученные в результате проведения экспериментальных исследований

Наибольшая эффективность достигнута при соотношении пара и газа 1:2. Это подтверждает, что парогазовая смесь оптимизирует процессы теплопередачи и фильтрации, обеспечивая более полное извлечение нефти. Результаты исследований могут быть использованы при обосновании возможности применения технологии для повышения нефтеизвлечения.

Список литературы:

1. Неуглеводородная закачка газа с последующей совместной закачкой пара и газа для повышения добычи тяжелой нефти из трещиноватых карбонатных коллекторов / А. Мохсензаде [и др.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2016. – Т. 144. – С. 121–130.
2. Козлов В.Б. Способ добычи высоковязкой нефти: Патент 2046933 Рос. Федерация: МПК E21B 43/24 / В.Б. Козлов, Л.М. Рузин, А.Б. Медиоланский. Заявитель Печорский государственный



научно-исследовательский и проектный институт ПечорНИПИнефть и патентообладатель [Ружин Леонид Михайлович, Козлов Валерий Борисович]. – № 5035548/03; Заявл. 01.04.1992; опубл. 27.10.1995. – 6 с.

3. Опыт исследования и применения закачки дымовых газов для повышения нефтеотдачи / Ч.А. Гарифуллина [и др.] // Георесурсы. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 149–163.

4. Горбылева Я.А. О технологиях закачки выхлопных (дымовых) газов для извлечения нефти // Вестник Евразийской науки. – 2021. – № 4. – URL : <https://esj.today/PDF/08SAVN421.pdf>

5. Литературный анализ способов закачки дымового газа с паром / Е.А. Бурлуцкий [и др.] // Нефтяная провинция. – 2023. – № 4(36). – С. 319–346.

6. Иванов С.В. Экологические и технологические аспекты применения методов повышения нефтеизвлечения пластов / С.В. Иванов, А.К. Петрова // Экология и промышленность России. – 2022. – № 3. – С. 45–51.

List of references:

1. Non-hydrocarbon gas injection followed by co-injection of steam and gas to enhance heavy oil production from fractured carbonate reservoirs / A. Mohsenzadeh [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2016. – Vol. 144. – P. 121–130.

2. Kozlov V.B. Method of extraction of high-viscosity oil: Patent 2046933 Ros. Federation: MPK E21B 43/24 / V.B. Kozlov, L.M. Ruzin, A.B. Mediolansky. Applicant Pechora State Research and Design Institute PechorNIPIneft and patentee [Ruzin Leonid Mikhailovich, Kozlov Valery Borisovich]. – № 5035548/03; Application 01.04.1992; published 27.10.1995. – 6 p.

3. Experience of research and application of flue gas injection for enhanced oil recovery / Ch.A. Garifullina [et al.] // Georesursy. – 2022. – Vol. 24. – № 3. – P. 149–163.

4. Gorbyleva Y.A. About the technologies of exhaust (flue) gas injection for oil recovery // Bulletin of Eurasian science. – 2021. – № 4. – URL : <https://esj.today/PDF/08SAVN421.pdf>

5. Literature analysis of the methods of flue gas injection with steam / E.A. Burlutsky [et al.] // Oil province. – 2023. – № 4(36). – P. 319–346.

6. Ivanov, S.V. Ecological and technological aspects of application of methods to enhance oil recovery / S.V. Ivanov, A.K. Petrova // Ecology and Industry of Russia. – 2022. – № 3. – P. 45–51.