

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.170-183>

EDN SANKLK

УДК 622.276.346.2+622.276.42

Разработка технологии ограничения преждевременного прорыва газа в добывающие скважины месторождения Гойт-Корт с использованием асфальтено-смолистых веществ

¹Бакраев М.М., ¹Дугаев И.Л.-А., ¹Бархинхоев А. И., ²Булюкова Ф.З.

¹ФГБОУ ВО ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия

Development of technology for limiting premature gas breakthrough into the producing wells of the Goit-Kort field using asphaltene-resinous substances

¹M.M. Bakraev, ¹I.L.-A. Dugaev, ¹A.I. Barkinkhoyev, ²F.Z. Bulyukova

¹Oil and Gas Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

²Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

E-mail: mongp2017@mail.ru

Аннотация. Система ППД (повышения пластового давления) миоценовых отложений XXIII пласта чокракского яруса месторождения Гойт-Корт начала формироваться в 1978 году закачкой газа в скважины №29; 59; 107. Реализация технологии воздействия на залежь закачкой газа высокого давления с целью повышения нефтеотдачи XXIII пласта и месторождения Гойт – Корт столкнулась в промысловых условиях с опережающим продвижением нагнетаемого газа в добывающие скважины, ростом газовых факторов и снижением охвата пласта вытеснением. Для повышения эффективности работ по предотвращению и ликвидации прорывов газа в процессе разработки нефтяных месторождений путем закачки газа высокого давления (ГВД) по относительно высокопроницаемым пропласткам, целесообразна блокировка этих пропластков в добывающих скважинах и проведение работ по ограничению поступления в них газа. Этим требованиям в наибольшей степени отвечает метод избирательной изоляции газа составами на основе асфальтено-

смолистых веществ (АСВ). Результаты проведенных исследований и промышленных испытаний указывают на принципиальную возможность применения растворов асфальтено-смолистых веществ для ограничения притока газа в скважинах месторождения Гойт-Корт, выравнивания профилей притока и увеличения нефтеотдачи пласта.

Ключевые слова: *асфальтено-смолистых веществ (АСВ), переходная зона, селективная изоляция, прорыв газа, коэффициент светопоглощения*

Для цитирования: Бакраев М.М., Дугаев И.Л.-А., Бархинхоев А. И., Булюкова Ф.З. Разработка технологии ограничения преждевременного прорыва газа в добывающие скважины месторождения Гойт-Корт с использованием асфальтено-смолистых веществ // Нефтяная провинция.-2024.-№1(37).-С.170-183. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.170-183>. - EDN SANKLK

Annotation. The PPD system of Miocene deposits of the XXIII formation of the Chokrak tier of the Goit-Kort field began to form in 1978 by pumping gas into wells No. 29; 59; 107. The implementation of the technology of impact on the deposit by injection of high-pressure gas in order to increase oil recovery of the XXIII formation of the Goit - Kort field faced in field conditions with the advance of the injected gas into the producing wells, the growth of gas factors and a decrease in the coverage of the reservoir by displacement. In order to increase the efficiency of work to prevent and eliminate gas breakthroughs during the development of oil fields by pumping high-pressure gas through relatively highly permeable layers, it is advisable to block these layers in producing wells and carry out work to limit the flow of gas into them in injection wells. These requirements are most met by the method of selective isolation of gas with compositions based on asphaltene-resinous substances (DIA). The results of the conducted research and field tests indicate the fundamental possibility of using solutions of asphaltene-resinous substances to limit the flow of gas in the wells of the Goit-Kort field, leveling the inflow profiles and increasing oil recovery of the reservoir.

Keywords: *asphaltene-resinous substances (DIA), transition zone, selective insulation, gas breakthrough, light absorption coefficient*

For citation: M.M. Bakraev, I.L.-A. Dugaev, A.I. Barkinkhoyev, F.Z. Bulyukova Razrabotka tekhnologii ogranicheniya prezhdevremennogo proryva gaza v dobyvayushchiye skvazhiny mesto-rozhdeniya Goyt-Kort s ispol'zovaniyem asfal'teno-smolistykh veshchestv [Development of technology for limiting premature gas breakthrough into the producing wells of the Goit-Kort field using asphaltene-resinous substances]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(37), 2024. pp. 170-183. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.170-183>. EDN SANKLK (in Russian)

Залежь нефти XXIII пласта месторождения Гойт-Корт разрабатывалась наиболее эффективным для этих геолого-промысловых условий методом – закачкой газа под высоким давлением.

Однако слоисто-неоднородное строение пласта (Рис. 1) приводит в ряде случаев к неравномерности охвата пласта вытеснением, обуславливая прорыв газа по высокопроницаемым пропласткам [1].

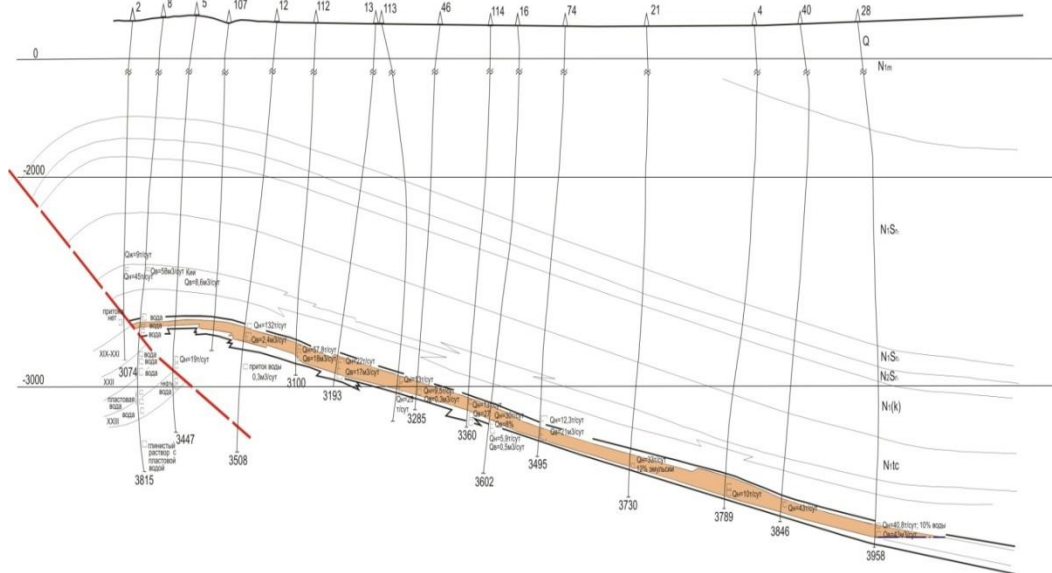


Рис. 1. Геологический профильный разрез XXIII пласта

В связи с этим селективная изоляция притока газа по высокопроницаемым пропласткам является весьма актуальной задачей.

Известные в настоящее время методы изоляции притока газа, в зависимости от механизма блокировки пласта, можно разделить на три группы:

- методы, основанные на образовании в газонасыщенной части пласта осадков в результате физико-химических превращений закачиваемых реагентов при контакте с газом;
- методы, основанные на закачке реагентов, образующих в газонасыщенной части пенные системы;
- методы, основанные на избирательной закачке тампонирующих материалов в газонасыщенную часть пласта с помощью пакера (возможно только при условии, что в скважине два и более интервалов перфорации (2 и более пропластков), разделенных непроницаемой перемычкой и нет заколонных перетоков (высокие требования к качеству цементирования).

К первой группе относятся методы, предусматривающие применение реагентов, осаждающихся при смешении с газом. В качестве таких реагентов рекомендуется использование дегтя в растворителе, раствора асфальтено-смолистых веществ вязкостью 100 мПа·с в пластовой нефти, загущенной полутвердым полиэтиленом.

Применение второй группы методов основано на, снижении фазовой проницаемости (Рис. 2-3) пласта для газа в результате образования стабильной пены (в зависимости от концентрации растворов ПАВ).

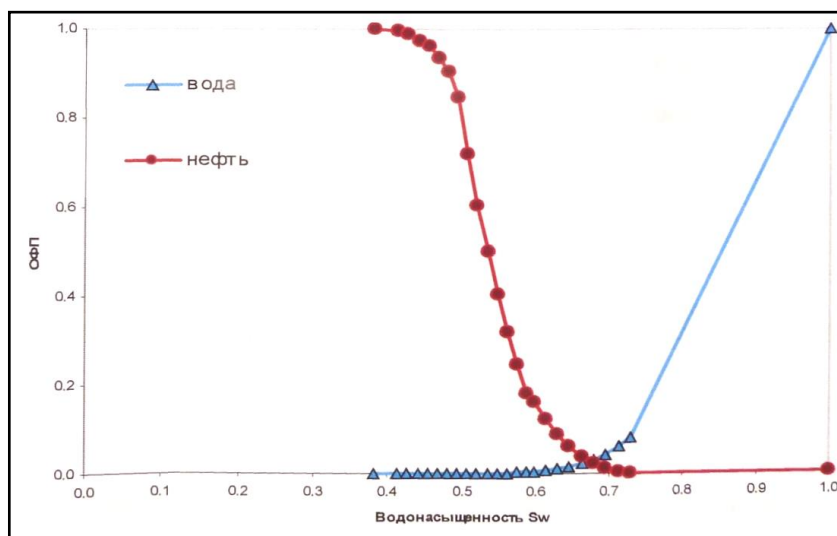


Рис. 2. Модифицированные относительные фазовые проницаемости в системе вода-нефть

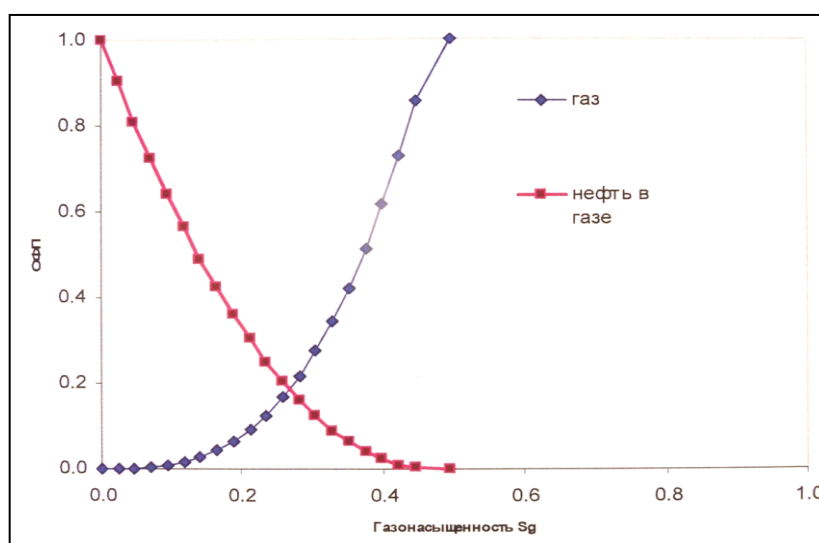


Рис. 3. Модифицированные относительные фазовые проницаемости в системе газ-нефть

В модели месторождения Гойт-Корт кривые относительных фазовых проницаемостей (ОФП) были заданы вначале формулами Corey-Brooks, а затем модифицированы в процессе адаптации гидродинамических моделей к истории разработки.

В цифровой фильтрационной модели (ЦФМ) месторождения Гойт-Корт было задано начальное положение водонефтяного контакта и давление на нем. Начальное состояние в каждой ячейке сетки было рассчитано из условия гидростатического равновесия. Законтурная водоносная область задана в виде аквиферов AQUCHAFT и AQUFLUX, параметры, которых (толщина, радиус, пористость, проницаемость) также послужили функциями адаптации ЦФМ к истории разработки [2]. Считаем это правомерно, т.к. такие измерения не проводились, а во вторых, аквифер присоединен по периметру ЦФМ, и свойства пласта соответствуют геологической модели пласта.

Принятые для гидродинамических расчетов ОФП в системе вода-нефть приведены на рис. 2, в системе газ-нефть - на рис.3.

С целью выравнивания профиля притока жидкости, вытесняемого ГВД, в слоисто-неоднородных пластах рекомендуется закачка 2-10% растворов ПАВ. В случае применения кремниевых пен рекомендуется бензолрастворимый кремнийорганический сополимер концентрации от 0,5 до 3%.

К третьей группе относятся методы, которые предусматривают применение:

- гидрофобного тампонажного материала на основе алкилрезорциновой эпоксифенольной смолы и отвердителя;
- гелеобразующей полимерной жидкости, включающей смесь гидролизованного полиакрилонитрила (гипана), формалина и соляной кислоты;

– цемента, состоящего из комбинации закупоривающих реагентов и полимеров.

Однако, перечисленные реагенты не обладают селективными свойствами в результате чего проницаемость снижается как в газонасыщенной, так и в нефтенасыщенной части пласта. В связи с этим их применение возможно при изоляции нефтенасыщенной части пласта пакером.

Анализ геолого-физических свойств XXIII пласта месторождения Гойт-Корт и работ по воздействию на пласт позволили сформулировать основные требования [3, 4], предъявляемые к изолирующим материалам и технологии их применения:

– в условиях низкопроницаемых и высокозаглинизированных коллекторов наиболее перспективно применение легкофильтрующихся изолирующих составов, которые после закачки в пласт создают дополнительные гидравлические сопротивления в газонасыщенных зонах за счет избирательного образования твердых осадков, и проявления структурно-механических свойств;

– малые толщины продуктивных пропластков и затрудненная гидродинамическая связь между ними указывают на целесообразность при проектировании обработок исходить из необходимости блокировки газонасыщенного пропластка по всей его толщине;

– глубина блокировки газонасыщенного пропластка должна определяться с учетом предотвращений разрушения изолирующей перегородки под действием перепада между пластовым и забойным давлениями.

Для повышения эффективности работ по предотвращению и ликвидации прорывов газа по относительно высокопроницаемым пропласткам целесообразно с блокировкой этих пропластков в добывающих скважинах проводить работы по ограничению поступления в них газа в нагнетательных скважинах.

Из методов первой группы в наибольшей мере перечисленным требованиям отвечает метод изоляции газа раствором асфальтено-смолистых веществ (АСВ). В качестве АСВ можно использовать высокоокисленные битумы, включающие асфальтенов - 36,8%, смол - 30,5%, масел 32,7%.

В качестве растворителя рекомендуется использовать ароматические углеводороды - бутил-бензольную или бензол-толуольную фракции. Лабораторными исследованиями установлено, что при температурах порядка 100°С можно получить концентрированные (до 50%) растворы битума.

Известно [3], что при контакте низкомолекулярных углеводородов с растворами АСВ происходит осаждение асфальтено-смолистых веществ. Причем с повышением температуры осаждаются все более и более высокомолекулярные соединения.

В связи с тем, что низкие фильтрационные свойства XXIII пласта ограничивают применение концентрированных растворов АСВ для изоляции газа, представляет интерес использование низкоконцентрированных растворов с вязкостью, соизмеримой с вязкостью воды или незначительно ее превышающей.

Для этого проведены лабораторные исследования степени осаждения АСВ из низкоконцентрированных растворов при вытеснении их ГВД.

Опыты проводили на модели трещиноватой среды, описанной в [5], при температуре 95°С и давлении 30÷35 МПа. В качестве АСВ использовался высокоокисленный битум марки X-I, а в качестве растворителя толуол изготовили раствор с концентрацией АСВ 5%.

При проведении опытов через модель пласта объемом 600 мл прокачивали приготовленный раствор АСВ. Затем производилось вытеснение этого раствора газом. По окончании опыта модель промывали чистым толуолом с целью оценки степени осаждения АСВ.

Поскольку осаждение смол и асфальтенов приводит к осветлению раствора, в качестве параметра, контролирующего ход процесса, может служить коэффициент светопоглощения ($K_{сп}$). По мере сбора в сепараторе пробы раствора анализировали на фотоэлектроколориметре. Вытеснение велось до тех пор, пока на выходе не появлялся чистый газ. До начала эксперимента определили $K_{сп}$ исходного раствора.

Результаты эксперимента представлены на рис. 4, где показано изменение $K_{сп}$ в процессе отбора проб раствора.

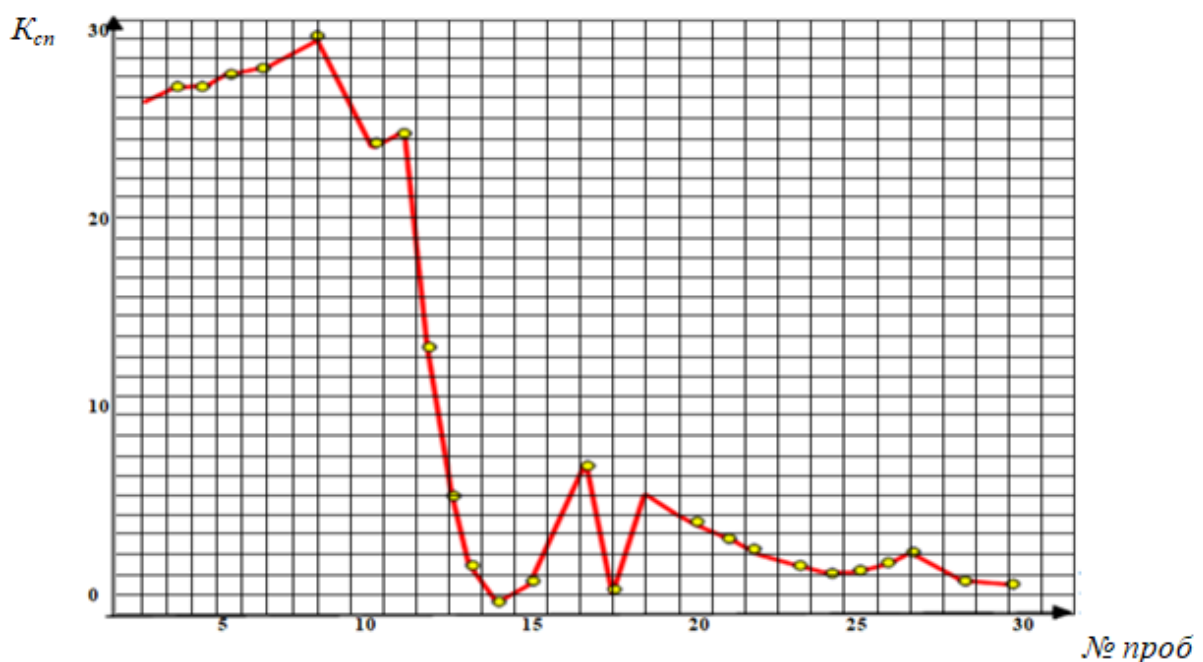


Рис.4. Изменение содержания АСВ в растворе толуола при вытеснении газом высокого давления

При этом номера проб 1÷7 соответствуют прокачке 1740 мл 5% раствора АСВ, проб 8÷17 - вытеснению раствора из модели газом в объеме 78800 мл и номера проб 18÷32 - прокачке чистого толуола, $K_{сп}$ исходного 5% раствора равен 30,0.

Видно, что в процессе прокачки 5% раствора АСВ значение $K_{сп}$ уменьшается и становится ниже $K_{сп}$ исходного раствора, что указывает на осаждение АСВ. При вытеснении раствора газом, в начальных пробах отмечено

снижение $K_{сп}$ до 22,8, соответствующего концентрации АСВ - 3,8%, а в последующих пробах, отобранных с момента прорыва газа, концентрация АСВ снижается до 0,42%.

Для определения количества осажденного АСВ в модели прокачали чистый толуол. Средняя концентрация раствора АСВ в отобранном объеме (2320 мл) составляет всего $0,3 \div 0,4\%$, что указывает на незначительное осаждение АСВ в пласте. Но при этом отмечено, что в начальный момент прокачки толуола через модель при перепаде давления до 21 МПа фильтрация отсутствовала.

Это обусловлено снижением проницаемости пласта.

Второй опыт проводился также с 5% раствором АСВ, но, в отличие от первого опыта с предварительно растворенным газом. Раствор АСВ с растворенным газом из буферной емкости подавался при давлении $30 \div 35$ МПа в модель и прокачивался при постоянном перепаде давления.

Изменение $K_{сп}$ проб в процессе прокачки показано на рис. 5. Видно, что значение $K_{сп}$ ниже исходного (30,0) в 2-15 раз, что указывает на значительное осаждение высокомолекулярных соединений из раствора. Однако характер изменения кривой, где снижение $K_{сп}$ чередуется с резким увеличением, указывает на вынос части АСВ, осажденного в модели.

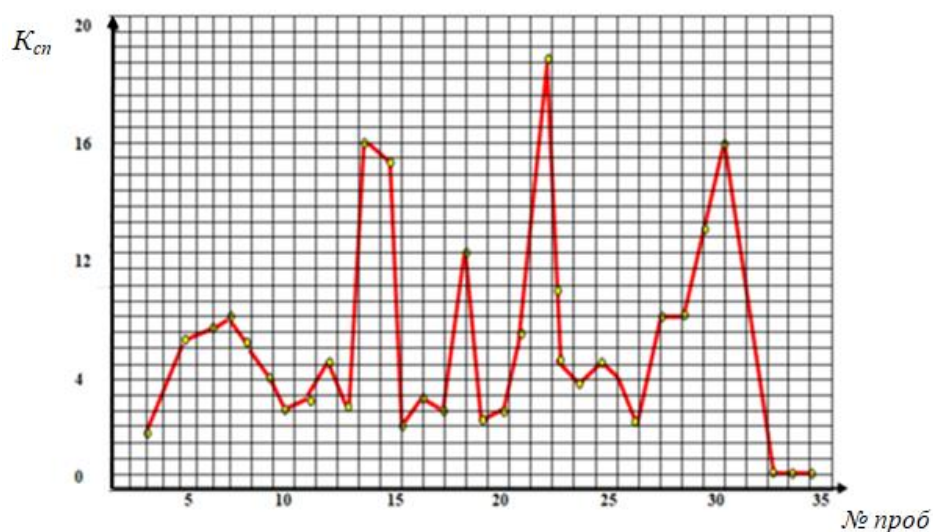


Рис.5. Изменение содержания АСВ в газированном растворе толуола при вытеснении газом высокого давления

Из результатов лабораторных исследований следует, что при смешивании 5% раствора АСВ с углеводородным газом при температуре 95°С и давлении 30÷35,0 МПа, концентрация АСВ в растворе снижается до 0,1÷2,5%, что указывает на их осаждение. Это приводит к снижению проницаемости пласта, но при перепадах давления 3,0 МПа наблюдается частичный вынос осажденного АСВ.

Таким образом, закачка растворов АСВ позволяет получить в загазованном пропластке осадок высокомолекулярных соединений [5, 6]. При запуске скважины в работу вследствие суффозии твердые частицы АСВ могут образовать в поровом пространстве изолирующие перегородки, ограничивающие приток газа к забою скважины.

С целью изучения практической возможности изоляции притока газа раствором АСВ проведена опытная обработка на скважине №75 месторождения Гойт – Корт. Глубина скважины - 3240 м, интервал перфорации 3204-3110 м, забойная температура – 95°С, продуктивный объект - XXIII пласт, коллектор пористый (Рис.6). Скважина введена в эксплуатацию с дебитом нефти 15 т/сут и газовым фактором 146 м³/т, который в дальнейшем увеличился до 2100 м³/т, что было обусловлено прорывами нагнетаемого газа.

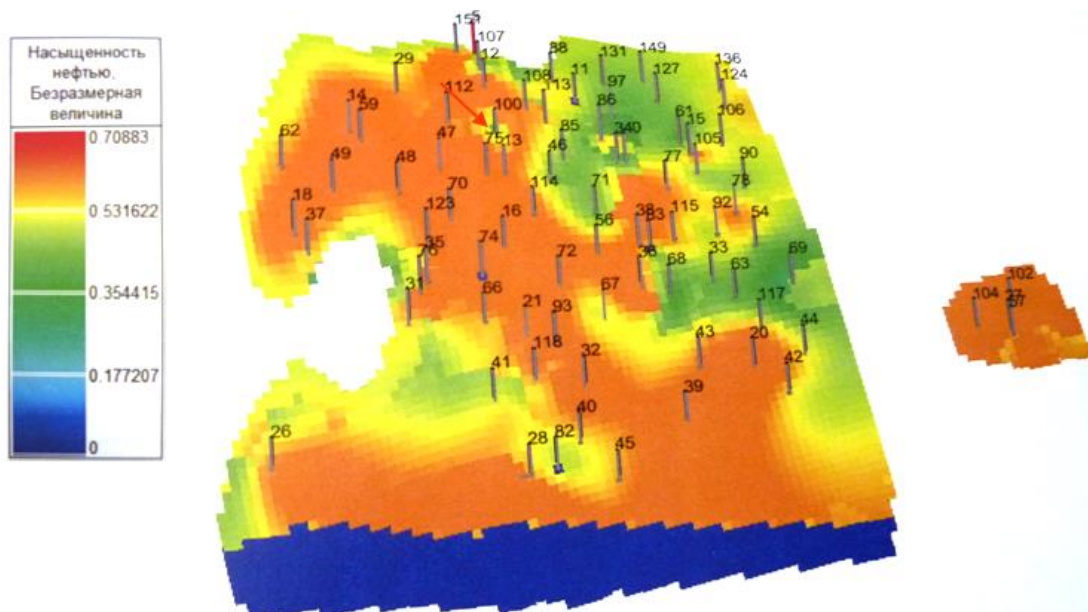


Рис. 6. Куб начальной нефтенасыщенности в ЦФМ

Для определения поглотительной способности пласта и возможности изоляции газопритоков в скважину закачали 39,5 м³ воды, и провели опытную обработку призабойной зоны с использованием для блокирования газовых зон раствора АСВ. Технология обработки заключалась в приготовлении и закачке в скважину 9 м³ 5% раствора АСВ, содержащего 8,3 м³ бензолтолуольной фракции, 50 кг аминов С₁₇₋₂₀ и 700 кг высокоокисленного битума (процесс велся при непрерывном перемешивании исходных компонентов).

На продавку раствора прокачали в НКТ 4,9 м³ воды с расходом 2 л/с при предельных давлениях $P_6 = 40,0$ МПа, $P_{затр} = 30,0$ МПа. Однако, из-за низкой приемистости пласта на поглощение удалось закачать всего 2,15 м³ раствора АСВ.

В результате проведенной обработки установлено снижение проницаемости пласта, увеличение дебита скважины и уменьшение величины газового фактора за счет осаждения АСВ из раствора. Но из-за незначительного объема закачанного раствора, глубина тампонирующего оказалась недостаточной, вследствие чего произошло выдавливание изолирующей массы из пласта и изоляционный эффект оказался не очень продолжительным.

Таким образом, результаты проведенных лабораторных исследований и опытно – промышленных испытаний, указывают на принципиальную возможность применения растворов асфальтено-смолистых веществ для ограничения притока газа в скважинах месторождения Гойт-Корт [7-9]. Однако процесс нуждается в совершенствовании и научно-исследовательские работы в этом направлении следует продолжить.

Список литературы

- 1 Дегтярев Н.М. Исследование процесса закачки углеводородного газа под высоким давлением в XXIII пласт месторождения Гойт-Корт ЧИАССР/ Багов Р.А., Коновалов В.И., Бородин В.Я., Артюхович В.К. //Вопросы повышения эффективности добычи нефти: Сб. научн. тр./СевКавНИПИнефть.- Грозный, 1986,- Вып.44. С.5-9.
- 2 Кесслер Ю.А., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Моделирование работы залежи при водонапорном режиме законтурных вод с использованием метода материального баланса и алгоритма Картера-Трейси//Журнал Экспозиция нефть газ – 2015. – № 7(46). – С. 45-47.
- 3 Технологические принципы проектирования и разработки глубокопогруженных залежей с использованием естественной пластовой энергии /К.Э. Джалалов, В.В. Колбикова, В.С. Колбиков// - «Научно–технический вестник ОАО «НК «Роснефть»», 2007.– С. 39 –45.
- 4 Закачка газа высокого давления – высокоэффективная технология разработки объектов со сложной геологической характеристикой/ И.В. Кулешков, В.В. Колбикова, О.Н. Данильченко, В.С. Колбиков// – «Научно–технический вестник ОАО «НК «Роснефть»», 2007.– С. 54 –58.
- 5 Саркисов В.Л. Исследование влияния осаждения высокомолекулярных соединений на нефтеотдачу при вытеснении нефти легкими углеводородными растворителями//Азерб. нефтяное хоз-во,- 1981. - № 7 С. 51–54.
- 6 Майдебор В.Н., Чижов С.И. Некоторые вопросы исследования движения однородных и неоднородных жидкостей в трещиноватой среде//ТНТС ВНИИОЭНГ - М.- 1973.- С. 40.
- 7 Бакраев М.М.Эффективность метода вытеснения нефти газом высокого давления применительно к условиям XXIII пласта чокракского горизонта месторождения Гойт-Корт/ Бакраев М.М., Абдулхаджиев Т-А.А., Ушаков И.В., Умалатов С.С.//Материалы V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2022» с международным участием, 19-20 мая 2022 г. Россия, Чеченская Республика, ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный. С. 183-190.
- 8 Способы борьбы с АСПО при эксплуатации скважин ЭЦН в условиях Гойт-Кортского месторождения. Бакраев М.М., Булюкова Ф.З., Думлер Е.Б.В сборнике: Современные проблемы нефтегазового оборудования-2021. Материалы Международной научно-технической конференции. 2021. С. 113-118.
- 9 Анализ эффективности технологической системы разработки XXIII пласта месторождения Гойт-Корт. Бакраев М.М., Булюкова Ф.З., Думлер Е.Б., Солтукиев Т.Б., Ордашев И.Э. Технологии нефти и газа. 2021. № 3 (134). С. 39-42.

References

1. Degtyarev N.M. Investigation of the process of pumping hydrocarbon gas under high pressure into the XXIII formation of the Goit-Kort CHIASSR deposit/ Bagov R.A., Konovalov V.I., Borodin V.Ya., Artyukhovich B.K. //Issues of improving the efficiency of oil production: Collection of scientific tr./Sevkavnipineft.- Grozny, 1986, - Issue 44. pp. 5-9.
2. Kessler Yu.A., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Modeling of reservoir operation in the water-pressure regime of natural waters using the material balance method and the Carter-Tracy algorithm//The magazine Exposition of oil and gas – 2015. – № 7(46). – pp. 45-47.
3. Technological principles of design and development of deep-submerged deposits using natural reservoir energy /K.E. Jalalov, V.V. Kolbikova, V.S. Kolbikov// – "Scientific and Technical Bulletin of JSC NK Rosneft", 2007.– Pp. 39-45.

4. High–pressure gas injection – a highly efficient technology for the development of objects with complex geological characteristics/ I.V. Kuleshkov, V.V. Kolbikova, O.N. Danilchenko, V.S. Kolbikov// – "Scientific and Technical Bulletin of Rosneft, 2007. – pp. 54-58.
5. Sarkisov V.L. Research effects of precipitation of high-molecular compounds on oil recovery during oil displacement by light hydrocarbon solvents//Azerbaijan. oil household,- 1981. - No. 7 pp. 51-54.
6. Maydebor V.N., Chizhov S.I. Some issues of studying the motion of homogeneous and inhomogeneous liquids in a fractured medium//TNTS VNIIOENG - M.- 1973.- p.40.
7. Bakraev M.M. Efficiency of the method of oil displacement by high-pressure gas in relation to the conditions of the XXIII formation of the Chokrak horizon of the Goit-Kort field/ Bakraev M.M., Abdulkhadzhiev T.-A.A., Ushakov I.V., Umalatov S.S.//Materials of the V All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "MILLIONAIRES-2022" with international participation, May 19-20, 2022, Russia, Chechen Republic, GGNTU named after M.D. Millionshchikov, Grozny. pp. 183-190.
8. Ways to combat ASF during the operation of ECN wells in the conditions of the Goyt-Kortovskoye field. Bakraev M.M., Bulyukova F.Z., Dumler E.B. In the collection: Modern problems of oil and gas equipment-2021. Materials of the International Scientific and Technical Conference. 2021. pp. 113-118.
9. Analysis of the effectiveness of the technological system for the development of the XXIII formation of the Goit-Kort deposit. Bakraev M.M., Bulyukova F.Z., Dumler E.B., Soltukiev T.B., Ordashev I.E. Oil and gas technologies. 2021. No. 3 (134). pp. 39-42.

Сведения об авторах

Бакраев Мубарик Мовлаевич, к.т.н., доцент кафедры «Бурение, разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова Россия, 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-кт Имени Х.А. Исаева, 100
E-mail: mubarik@yandex.ru

Дугаев Ильяс Лом- Алиевич, магистрант Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова Россия, 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-кт Имени Х.А. Исаева, 100
E-mail: dugaevilyas@gmail.com

Бархинхоев Адам Исраилович, магистрант Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова Россия, 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-кт Имени Х.А. Исаева, 100
E-mail: adambarkinhoev28@gmail.com

Буюкова Флюра Зиннатовна, к.т.н., доцент кафедры Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов Уфимского государственного нефтяного технического университета (УГНТУ) Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: mongp2017@mail.ru

Authors

M.M. Bakraev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Drilling, development and operation of oil and gas fields", GGNTU named after M.D. Millionshchikov

100, H.A. Isayeva avenue, Grozny, 364051, Chechen Republic, Russian Federation

E-mail: mubarik@yandex.ru

I.L-A.Dugaev, Master's student of the Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshchikov

100, H.A. Isayeva avenue, Grozny, 364051, Chechen Republic, Russian Federation

E-mail: dugaevilyas@gmail.com

A.I. Barkhinkhoyev, Master's student of Grozny State Petroleum Technical University named after academician M.D. Millionshchikov

100, H.A. Isayeva avenue, Grozny, 364051, Chechen Republic, Russian Federation

E-mail: adambarkinhoyev28@gmail.com

F.Z. Bulyukova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment of Oil and Gas Fields of the Ufa State Oil Technological University, (USPTU)

1, Kosmonavtov st, Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: mongp2017@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.06.2023

Принята к публикации 21.03.2024

Опубликована 30.03.2024