

следования по подбору ПАВ-полимерного состава для задонской залежи Речицкого месторождения, проведенные в 2021–2022 гг., на устойчивость ПАВ и полимеров сильное влияние оказывает температура и минерализация пластовой воды – с их увеличением снижается стабильность растворов химических реагентов. На этапе разработки рецептур ПАВ-полимерных композиций стоит уделять особое внимание поиску соле- и термостойких химических реагентов.

Накопленный опыт внедрения ХМУН на нефтяных залежах Припятского прогиба подтверждает достаточно высокий потенциал их эффективного применения.

Проведенный скрининг по существующим критериям эффективного выбора объектов для ХМУН показал, что для внедрения технологий подходит небольшое количество нефтяных залежей Припятского прогиба.

Для каждого месторождения необходим индивидуальный подбор химического коктейля в зависимости от геолого-физических свойств пласта и физико-химических свойств пластовых флюидов.

Ключом для расширения критериев отбора объектов является поиск и разработка новых химических композиций, которые будут соответствовать сложным пластовым условиям нефтяных залежей Припятского прогиба.

Литература

1. Алварado, В. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения / В. Алварado, Э. Манрик. – М. : Премиум Инжиниринг, 2011. – 236 с.
2. Gbadamosi, A. O. An overview of chemical enhanced oil recovery: recent advances and prospects / A. O. Gbadamosi // Springer Journal, International Nano Letters. – 2019. – P. 172–202.
3. DeBons, F. E. A Guide to Chemical Oil Recovery for the Independent Operator / F. E. DeBons // SPE/DOE Fourteenth Symposium on Improved Oil Recovery held in Tulsa, Oklahoma, USA, 17–21 April, 2004 / SPE. – Oklahoma, 2004. – P. 89382.
4. Smalley, P. C. Screening for EOR and Estimating Potential Incremental Oil Recovery on the Norwegian Continental Shelf / P. C. Smalley, A. H. Muggeridge // SPE Improved Oil Recovery Conference held in Tulsa, Oklahoma, USA, 14–18 April, 2018 / SPE. – Oklahoma, 2018. – P. 190230-MS.

УДК 622.276.64

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ МНОГОЭТАПНОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАВОДНЕНИЯ ПЛАСТОВ ПО ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ КОЛЛЕКТОРОВ

А. О. Чекан, Н. А. Демяненко

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,
г. Гомель*

Посвящена усовершенствованию обоснования метода нестационарного циклического заводнения нефтяных залежей. Приведена эффективность работ по циклическому заводнению на месторождениях Припятского прогиба за 2011–2022 гг. Предложены критерии и алгоритм выбора объектов для многоэтапного нестационарного циклического заводнения пластов.

Ключевые слова: припятский прогиб, многоэтапное нестационарное циклическое заводнение, петрофизические свойства горных пород.

**SUBSTANTIATION OF OBJECTS FOR MULTI-STAGE
NON-STATIONARY CYCLIC WATERFLOODING OF RESERVOIRS
BY GEOLOGICAL FEATURES OF RESERVOIRS**

A. O. Chekan, N. A. Demyanenko

BelNIPIneft RUF "Production Association "Belorusneft", Gomel

The paper is devoted to the improvement of the substantiation of the method of non-stationary cyclic flooding of oil reservoirs. The paper shows the results of the analysis of the effectiveness of work on cyclic waterflooding at the fields of the Priyapyat trough for 2011–2022. The authors proposed criteria and an algorithm for selecting objects for multi-stage non-stationary cyclic waterflooding.

Key words: Pripyat trough, multi-stage non-stationary cyclic flooding, petrophysical properties of rocks.

Добыча нефти в Беларуси ведется более 55 лет. Подавляющая часть запасов нефти (более 90 %) приурочена к залежам, представленным весьма неоднородными карбонатными отложениями. Для достижения высоких значений коэффициентов извлечения нефти (КИН) большинство залежей требует организации системы поддержания пластового давления путем заводнения. При заводнении существуют проблемы эффективного вытеснения нефти, связанные со сложностью геологического строения, многочисленными разрывными нарушениями, наличием послойной и зональной неоднородности, развитием систем трещин различной направленности. Все это предопределяет неравномерную выработку запасов, преждевременное обводнение добывающих скважин. Поэтому весьма актуальной задачей остается вопрос повышения эффективности системы разработки карбонатных залежей с заводнением. Регулирование и управление процессом заводнения позволит увеличить конечный коэффициент нефтеотдачи.

Одним из вариантов регулирования и управления процессом заводнения является многоэтапное нестационарное циклическое воздействие (МНЦВ), которое помимо изменения режимов работы добывающего и нагнетательного фонда подразумевает закачку потокоотклоняющих композиций в нагнетательные и простаивающие добывающие скважины с целью дополнительного изменения фильтрационных потоков и вовлечения в разработку недренируемых запасов. Технология МНЦВ совмещает в себе несколько этапов в цикле с различными параметрами, которые предварительно определяются с помощью гидродинамического моделирования [1, 2].

Основной задачей планирования работ по МНЦВ является выбор и обоснование объектов разработки, имеющих наибольший потенциал для реализации технологии.

На месторождениях Припятского прогиба различные модификации технологии МНЦВ отрабатывались на залежи IV пачки задонского горизонта Речицкого месторождения (2011 г.); залежи воронежско-саргаевского горизонта Вишанского месторождения (2011 г.); семилукской залежи восточного блока Тишковского месторождения (2014–2022 гг.); семилукской залежи Осташковичского месторождения (2018–2020 гг.); семилукской залежи Восточно-Первомайского месторождения (2018–2020 гг.); семилукской залежи центрального блока Тишковского месторождения (2020–2021 гг.).

По результатам анализа работ на перечисленных залежах уточнены геолого-физические критерии выбора залежей для МНЦВ. В частности, установлено, что, чем выше проницаемая неоднородность фильтрационного поля, тем более значимы изменения технологических показателей разработки в результате циклической закачки воды. Наибольшая эффективность нестационарных методов была получена для трещиновато-пористых коллекторов, а также для мощных слоисто-неоднородных пластов с хорошей гидродинамической связью между прослоями. Эффект от внедрения циклического заводнения (ЦЗ) тем выше, чем более гидрофильна порода пласта-коллектора. Наилучшими для нестационарных процессов являются газонасыщенные маловязкие нефти.

Реакция системы разработки при переходе на нестационарный режим работы участка залежи занимает определенный интервал времени – переходный период. Чем выше проницаемость высокопроницаемых зон коллектора, тем менее продолжителен переходный период.

Применение ЦЗ может обеспечить не только снижение обводненности добываемой продукции и рост дополнительной добычи нефти, но и уменьшение объемов непроизводительной закачки воды, а также уточнение геологических особенностей строения залежи благодаря более детальному и полному анализу процесса дренирования.

Эффективность работ зависит от величины начального пластового давления в залежи и накопленной компенсации отборов жидкости закачкой. При высоких значениях пластового давления (не ниже гидростатического) ЦЗ эффективнее.

Критерии выбора потенциальных объектов для эффективной реализации технологии можно разделить на две группы: геолого-физические и промысловые (см. таблицу). При обосновании объектов для МНЦВ одним из важнейших геолого-физических факторов является изученность неоднородности залежей. Это обусловлено сущностью процесса циклического воздействия на залежь. В пластах, обладающих неоднородностью по литологии, размерам пор, проницаемости слоев, возникают участки с неравномерной нефтенасыщенностью, которая вызвана этими видами неоднородности, отбором нефти и нагнетанием воды. Слои и участки малой проницаемости, насыщенные нефтью, располагаются в пластах бессистемно, обладают низкой пьезопроводностью, а скорости распространения давления в них значительно ниже, чем в высокопроницаемых водонасыщенных слоях и участках. Поэтому между нефтенасыщенными и заводненными зонами возникают различные по знаку перепады давления. При повышении давления в пласте, т. е. при увеличении объема нагнетания воды или снижения отбора жидкости, возникают положительные перепады давления: в заводненных зонах давление выше, а в нефтенасыщенных – ниже. При снижении давления в пласте, т. е. при уменьшении объема нагнетаемой воды или повышении отбора жидкости, возникают отрицательные перепады давления: в нефтенасыщенных зонах давление выше, а в заводненных – ниже. Под действием знакопеременных перепадов давления происходит перераспределение флюидов в неравномерно насыщенном пласте.

На основании многолетнего опыта, фактических данных реализации и выработанных критериев эффективного внедрения разработан алгоритм выбора участков для МНЦВ (рис. 1) [3].

Критерии выбора объектов для многоэтапного нестационарного циклического воздействия

Геолого-физические критерии	Промысловые критерии
Тип коллектора – трещинно-поровый, поровый	Система разработки залежи
Высокая слоистая неоднородность пласта – более 3-х пропластков – с наличием гидродинамической связи между низко- и высокопроницаемыми пропластками	Наличие системы ППД. Внутриконтурное заводнение с небольшими размерами площадей, блоков, элементов заводнения
Неоднородность пласта по проницаемости – различие в проницаемостях гидродинамически связанных пропластков – 5 и более раз	Снижение пластового давления по участку относительно гидростатического – не более 40 %
Коэффициент гидродинамической связанности по разрезу – больше 0,5 доли ед.	Плотность остаточных подвижных извлекаемых запасов нефти – от 0,5 тыс. т/га
Коэффициент литологической связанности пластов по площади (отношение площади слияния коллекторов к общей площади участка) – не менее 0,5 доли ед.	Возможность регулирования объемов закачки воды в пределах участка МНЦВ – не менее чем на 50 %
Смачиваемость – преимущественно гидрофильная	Возможность изменения направлений фильтрационных потоков – в пределах 90°
Отношение толщины связанных низкопроницаемых пропластков к суммарной эффективной толщине пласта в интервале перфорации должно быть больше 0,3 доли ед.	Средняя и высокая текущая обводненность добываемой продукции при отставании выработки от НИЗ по участку – более чем на 5 % от текущей обводненности добываемой продукции
Средняя начальная нефтенасыщенность – более 0,55 доли ед, текущая нефтенасыщенность низкопроницаемых пропластков – более 0,3 доли ед.	Наличие гидродинамической связи между зоной нагнетания и зоной добычи
Высокая упругоэластичность залежи за счет сжимаемости флюидов	Стадия разработки залежи при проведении МНЦВ – не ранее второй
Нефть малой вязкости – (до 5 мПа · с)	Фонд скважин – не менее 2 добывающих скважин на каждую нагнетательную
Газосодержание – более 50 м/т	Расстояние между зоной нагнетания и зоной отборов – не более 700 м
	Обводненность добываемой продукции – > 65 %
	Текущая компенсация отборов закачкой – более 65 %. Возможность регулирования компенсации отборов закачкой – от 0 до 200 %

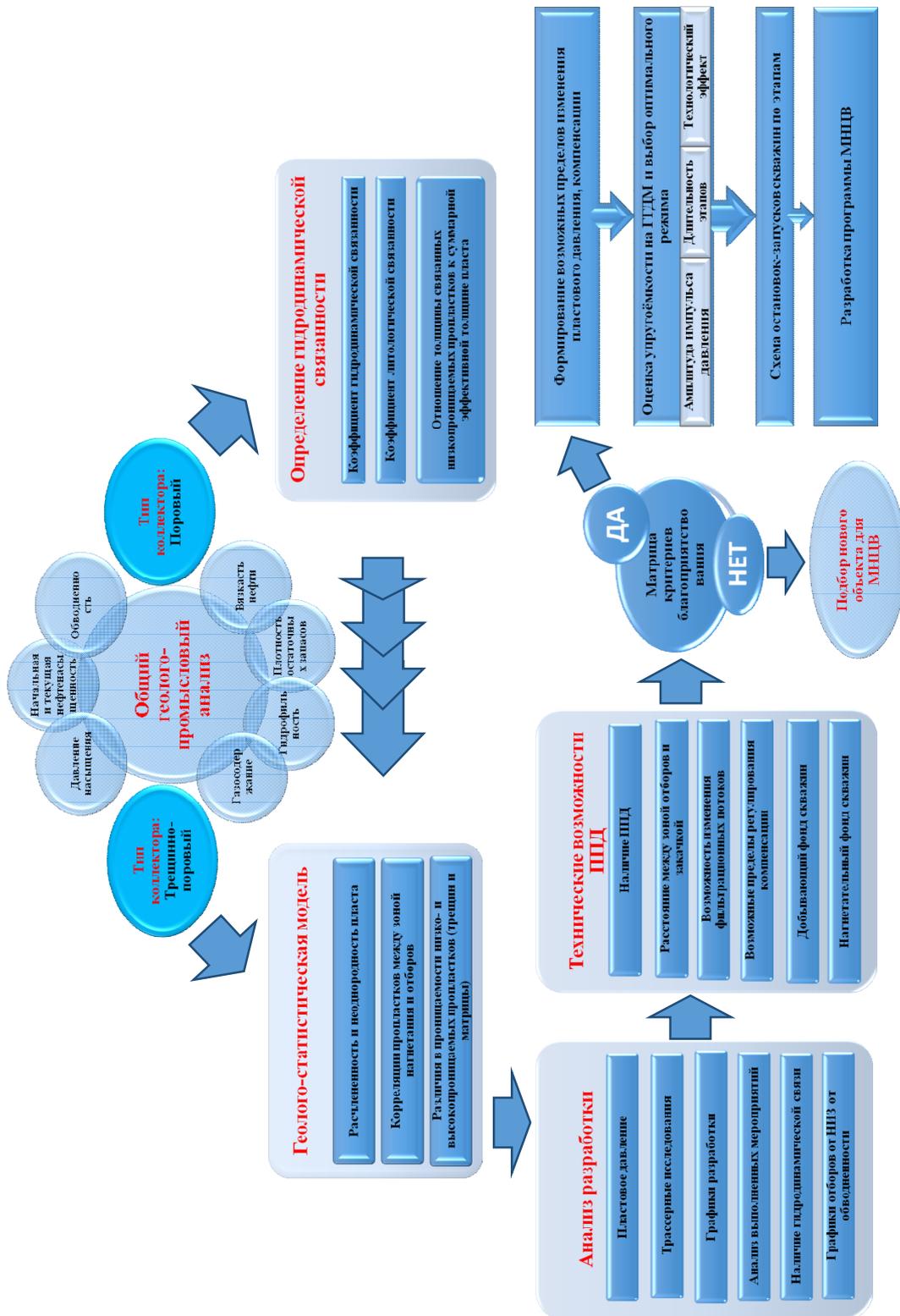


Рис. 1. Алгоритм выбора участков многоэтапного нестационарного циклического воздействия [3]

Согласно алгоритму (рис. 1), в 2021 г. проведен анализ 88 залежей на месторождениях Припятского прогиба. В результате выбраны две залежи для реализации МНЦВ: третий блок петриковско-елецкой залежи Березинского месторождения и семилукско-саргаевская залежь Зотухинского месторождения. Работы по МНЦВ были начаты 01.01.2022 г. На 01.08.2022 г. суммарная технологическая эффективность работ превысила 930 т нефти.

Л и т е р а т у р а

1. Способ разработки нефтяной залежи : пат. 037109 ЕА / Повжик П. П., Демяненко Н. А., Сердюков Д. В., Жук И. В., Мармылев И. Ю. – № 201900259/25 ; заявл. 16.04. 19 ; опубл. 08.02.21.
2. Кудряшов, А. А. О циклическом воздействии на семилукскую залежь восточного блока Тишковского месторождения / А. А. Кудряшов, Д. А. Примичев // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – 2017. – № 9. – С. 88–99.
3. Обоснование и планирование технологии многоэтапного циклического нестационарного воздействия на пласт // Врем. регламент. – Гомель : Связынформсервис, 2020. – 43 с.

УДК 622.276.6

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКИ
НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ I–III ПАЧКИ
РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Р. Е. Гутман, В. Н. Шиленкова

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,
г. Гомель*

Посвящена анализу и применению результатов тестов на утечку XLOT при проектировании разработки нетрадиционных коллекторов нефти.

Ключевые слова: горные породы, боковое напряжения, горное давление, тест на утечку, давление гидроразрыва.

**PRACTICAL USE OF GEOMECHANICS ON THE EXAMPLE
OF I–III SEDIMENTS OF RECHITSKOE OILFIELD**

R. Hutman, V. Shylenkova

BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

The work is devoted to analysis of leak off test results and its implementation in development and exploitation of unconventional deposits

Keywords: rocks, lateral stresses, overburden stress, leak off test, breakdown pressure.

Успехи «сланцевой революции» в США, обусловленные развитием технологии бурения горизонтальных скважин с многостадийным гидравлическим разрывом пласта (ГРП) и снижением стоимости строительства, на фоне более чем 10-летнего периода высоких цен на нефть обусловили появление интереса к изучению строения и перспектив нефтеносности нефтематеринских и низкопроницаемых коллекторов в различных нефтегазоносных бассейнах. В пределах Припятского прогиба одним из таких перспективных объектов являются отложения I–III пачки межсолевого комплекса Речицкого месторождения.

Отложения I–III пачки преимущественно представлены карбонатными породами смешанного состава. Средняя пористость данных пород варьируется в пределах