

**ПРИНЦИПЫ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ  
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПАВ-ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

**А.О. Чекав, Н.А. Демяненко**  
(БелНИПИнефть)

Большинство крупных нефтяных месторождений Припятского прогиба находится на поздней стадии разработки. Для ускорения выработки текущих запасов и увеличения коэффициента извлечения нефти (КИН) необходима разработка новых и адаптация существующих технологий повышения нефтеотдачи пластов для условий нефтяных месторождений РУП «ПО «Белоруснефть». Одной из перспективных технологий является ПАВ-полимерное заводнение.

Для внедрения технологии ПАВ-полимерного заводнения на месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть» была разработана методика обоснования объектов (рисунок 1), в рамках которой предложены критерии выбора объектов для ПАВ-полимерного заводнения, а также подход оперативного отбора месторождений-кандидатов для применения методов повышения нефтеотдачи пласта.

На первом этапе проводится анализ применения технологии на зарубежных месторождениях и на месторождениях Припятского прогиба. По результатам анализа формируются критерии выбора объектов. Определение оптимальных характеристик пласта-коллектора и вмещающего его флюида являются основой для успешного применения технологий увеличения нефтеотдачи. Пилотные испытания на зарубежных месторождениях показывают, что успех химического заводнения в различных типах резервуаров сильно различается [1-10]. И геолого-физические свойства пласта-коллектора в большинстве случаев являются определяющим фактором, влияющим на эффект от химического заводнения. Для обоснованного определения критериев применения ПАВ-полимерного заводнения в условиях Припятского прогиба было изучено более 90 зарубежных литературных источников. Изучен опыт применения химических реагентов с целью повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях Припятского прогиба с 1970-х гг. по настоящее время. Основываясь на зарубежном опыте проведения заводнения с использованием химических реагентов и с учетом опыта проведения работ с использованием химических методов увеличения нефтеотдачи (ХМУН), на залежах РУП «ПО «Белоруснефть» были определены критерии выбора объектов для ПАВ-полимерного заводнения (таблица 1).

Следующий этап обоснования объектов для ПАВ-полимерного заводнения – группировка критериев на подгруппы. В качестве определяющих

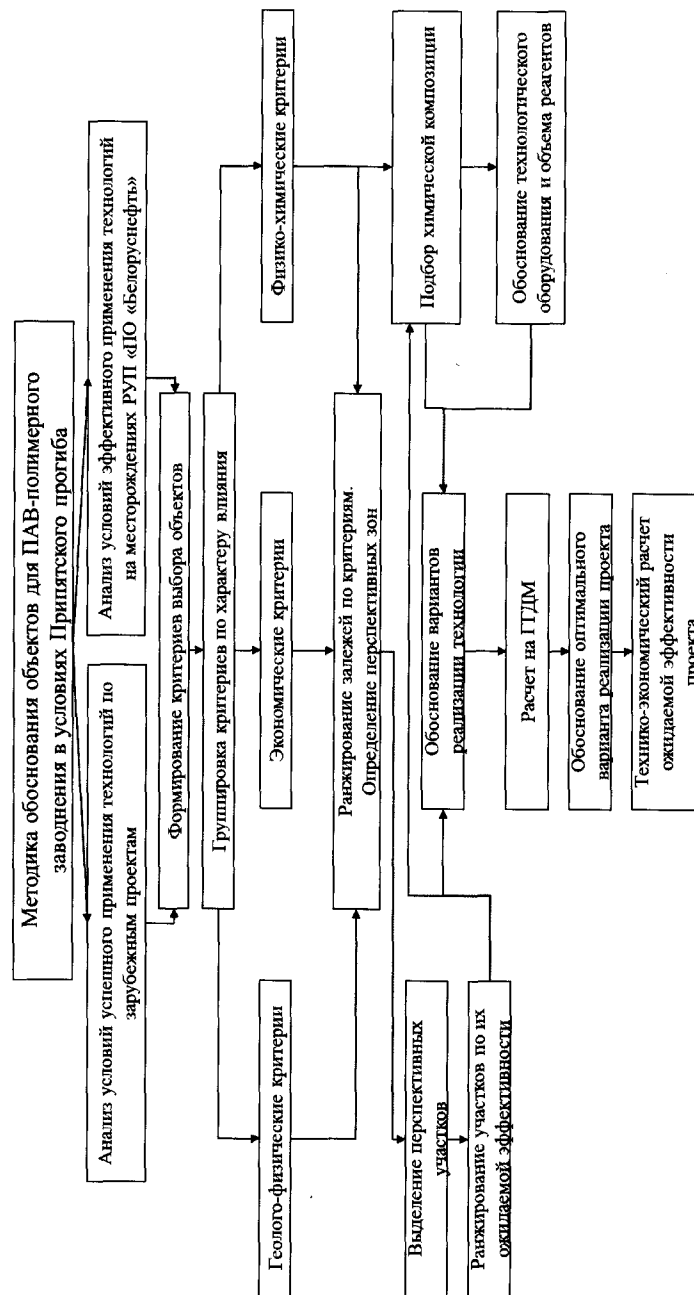


Рисунок 1. — Методика обоснования объектов для ПАВ-полимерного заводнения в условиях Припятского прогиба

Таблица 1. – Критерии выбора объектов для ПАВ-полимерного заводнения

Критерий	Оптимальные значения	Критические значения
Литология	Терригенный/ карбонатный	Терригенный/ карбонатный
Пористость, %	10-35	5
Коэффициент Дикстра-Парсонса, д. ед. (неоднородность)	0,4-0,7	0,86
Расчлененность, д. ед.	3-5	2
Проницаемость, мкм <sup>2</sup> *10 <sup>-3</sup>	более 100	10
Глинистость, %	менее 5	15
Текущая нефтенасыщенность, %	более 50	35
Температура, °С	менее 70	93
Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>	менее 850	934
Вязкость нефти, сП	2-4	35
Минерализация пластовой воды, мг/дм <sup>3</sup>	менее 20000	250000
Жесткость пластовой воды, мг/дм <sup>3</sup>	менее 500	50000
Минерализация нагнетаемой воды, мг/дм <sup>3</sup>	менее 2000	200000
Жесткость нагнетаемой воды, мг/дм <sup>3</sup>	менее 500	50000
Трещиноватость	отсутствует/ мелкотрещиноватые	среднетрещиноватые
Газовая шапка	отсутствует	отсутствует
Активная законтурная область	отсутствует	слабая
Гидродинамическая связь между добывающими и нагнетательными скважинами	установлена по результатам ГДИ, индикаторных исследований	установлена по результатам ГДИ, индикаторных исследований
Целостность э/к, отсутствие ЗКП	установлено по результатам ПГИ	установлено по результатам ПГИ

факторов, влияющих на эффективность применения технологии, являются: литологический состав пород-коллекторов, смачиваемость, пористость, трещиноватость, неоднородность пласта, расчлененность, проницаемость, глинистость, нефтенасыщенность, остаточные запасы, пластовая температура, плотность и вязкость нефти, минерализация и жесткость пластовой воды, система разработки залежи. Также важное значение имеют такие параметры, как способ эксплуатации добывающих скважин, вынос механических примесей, образование эмульсий, отложение солей и т.д.

Критерии были объединены в группы по степени важности для выбора объектов.

1. Первичные критерии. Данная группа критериев является основополагающей, поскольку именно этими критериями определяется физический смысл применения ПАВ-полимерного заводнения:

- проницаемость;
- вязкость нефти;
- система разработки;
- неоднородность;
- трещиноватость;
- отсутствие газовой шапки;
- отсутствие активной законтурной области.

2. Критерии, влияющие на экономику проекта. Данная группа критериев характеризует как затраты на необходимое количество химических реагентов, так и ожидаемый эффект от внедрения проекта полимерного заводнения:

- глинистость коллектора;
- плотность сетки скважин;
- приемистость;
- пористость;
- объем пор;
- текущая нефтенасыщенность;
- остаточные запасы нефти;
- эффективная нефтенасыщенная толщина.

3. Критерии, определяющие выбор химических агентов для реализации проекта. Данная группа критериев не считается приоритетной на стадии первичного выбора объекта, однако необходима, может иметь критическое значение при поиске оптимальных марок химических агентов:

- минерализация вод;
- пластовая температура;
- литологический состав пород-коллекторов;
- смачиваемость;
- свойства нефти.

Далее проводится ранжирование залежей по выбранным критериям с учетом проведенной группировки. С целью выбора и обоснования потенциальных объектов для закачки ПАВ-полимерных систем было рассмотрено 269 залежей на 83 месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть». В ходе проведения анализа данных установлено, что основными факторами, осложняющими выбор объекта для проведения ПАВ-полимерного заводнения на месторождениях РУП «ПО «Белоруснефть» являются: низкая проницаемость, высокая неоднородность пластов, высокая минерализация и жесткость воды, низкая плотность остаточных извлекаемых запасов. Далее проводится ранжирование залежей следующим способом.

Каждой залежи выставляются скрининговые баллы, позволяющие оценить возможность эффективного применения ПАВ-полимерного заводнения. Общие скрининговые баллы выводятся из баллов по скользящей шкале для отдельных критериев отбора. Дополнительная добыча оценивалась с учетом существующих процессов извлечения на месторождении, и ограничивалась теоретическим увеличением коэффициента извлечения нефти на 10 %.

Степень, в которой характеристики залежи отражают пригодность для применения ПАВ-полимерного заводнения, выражается в качестве скрининговых баллов по каждому из соответствующих критериев отбора. Баллы варьируют от 0 до 1, где ноль означает, что на объекте применение метода увеличения нефтеотдачи невозможно, а единица означает, что объект полностью соответствует критериям применения. Оценки скрининга присваиваются путем определения четырех пороговых значений для каждого соответствующего критерия. Минимум и максимум — это диапазон критериев, который является оптимальным, с получением скринингового балла 1. Нижний и верхний пределы (LLimit и ULimit) представляют собой диапазон критериев, в пределах которых есть вероятность успешности мероприятия (рисунок 2). Значения критериев за пределами таких диапазонов получали нулевую оценку отбора [11].

Общий рейтинг объекта выводится после обработки скрининговых баллов в результате двух итераций. Во-первых, индивидуальные критерии взвешиваются по степени важности. Для каждого критерия проводится взвешивание и присваивание коэффициента от 0 до 1. Также это делается для того, чтобы учесть возможное дублирование, когда один и тот же механизм может быть представлен более чем одним критерием отбора, и полное взвешивание каждого из них может привести к чрезмерному представлению этого механизма. Во-вторых, в результате подсчета среднего взвешенного по всем критериям выводился общий скрининговый балл для каждой залежи.

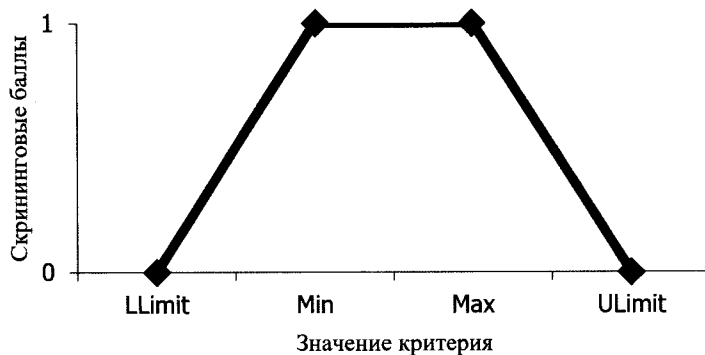


Рисунок 2. — Присвоение скрининговых баллов

По результатам ранжирования установлено, что 262 залежи получили рейтинг «0», что свидетельствует о несоответствии критериям выбора объектов для ПАВ-полимерного заводнения. 7 объектов получили рейтинг более «0», но менее «1», что говорит о частичном соответствии. Рейтинг «1» не был получен ни одной из залежей.

На следующем этапе проводится геолого-промысловый анализ нефтяных залежей, по результатам которого выделяются наиболее перспективные участки для проведения ОПР. Для каждого участка выполняется ранжирование по промысловым показателям. Итоговый балл для участка определялся с учетом геологических параметров скрининга, полученных для каждой залежи при выборе потенциальных объектов для проведения ПАВ-полимерного заводнения.

По результатам ранжирования по промысловым показателям наибольший скрининговый балл получили участки, расположенные в пределах VII-IX п. и IV п. zd горизонта Речицкого месторождения, III блока ptr-el залежи Березинского месторождения и участки 5 и 1, расположенные в пределах западного блока ln-st залежи Речицкого месторождения. Далее выводился итоговый скрининговый балл, который имеет наибольшее значение в пределах III блока ptr-el залежи Березинского месторождения, участка 5 ln-st залежи Речицкого месторождения, расположенного в восточной части залежи, и центральный участок в пределах VII-IX п. zd горизонта Речицкого месторождения. Распределение итоговых скрининговых баллов представлено на рисунке 3.

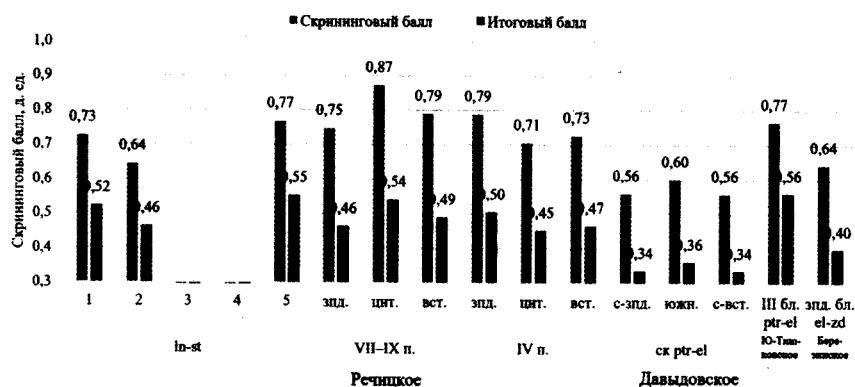


Рисунок 3. – Ранжирование участков для выбора объекта проведения ОПР по ПАВ-полимерному заводнению

Таким образом, исходя из проведенного анализа потенциальных участков для проведения ПАВ-полимерного заводнения, в качестве пилотного объекта были рекомендованы: III блок ptr-el залежи Березинско-

го месторождения, участок 5 на западном блоке In-st залежи и центральный участок на VII-IX п. zd горизонта Речицкого месторождения.

После выбора объекта для ОПР проводится подбор оптимальной химической композиции для закачки в пласт и обоснование необходимого технологического оборудования. Далее выполняется обоснование вариантов реализации технологии, включающее: расчеты вариантов на геолого-гидродинамической модели, обоснование оптимального варианта реализации технологии и проведение технико-экономического обоснования.

#### **Выводы**

Впервые разработана и применена методика обоснования объектов для ПАВ-полимерного заводнения в условиях Припятского прогиба.

По результатам анализа зарубежного опыта проведения ПАВ-полимерного заводнения и опыта закачки химических реагентов на нефтяных залежах месторождений РУП «ПО «Белоруснефть» были сформированы критерии выбора залежей-кандидатов для условий Припятского прогиба.

Разработана методика оперативного проведения ранжирования объектов по геологическим и промысловым параметрам.

Выбраны участки для проведения опытно-промысловых работ.

#### **Список литературы**

1. Taber, J.J. EOR Screening criteria revisited-part1: Introduction to Screening Criteria and Enhanced Recovery Field Projects / J.J. Taber // SPE/DOE IOR Symposium in Tulsa, Oklahoma, 21-24 April 1997. SPE 35385.
2. Chauhan, P.D. Data analysis and summary for surfactant-polymer flooding based on oil field projects and laboratory data / P.D. Chauhan // A thesis Missouri university of science and technology, 2014. – P. 103.
3. Al-Bahar, M.A. Evaluation of IOR Potential within Kuwait / M.A. Al-Bahar // The 11<sup>th</sup> Abu Dhabi international Petroleum Exhibition and Conference held in Abu Dhabi, 10-13 October 2004. SPE 88716.
4. Saleh, L.D. Data Analysis and Updated Screening Criteria for Polymer Flooding Based on Oilfield Data / L.D. Saleh // SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 11 September 2013. SPE-168220.
5. Dickson, J.L. Development of Improved Hydrocarbon Recovery Screening Methodologies / J.L. Dickson // The SPE Improved Oil Recovery held in Tulsa, Oklahoma, USA, 24-28 April 2010. SPE 129768.
6. Al-Hajri, N.F. Screening Criteria for Enhanced Oil Recovery in Carbonate Reservoirs / N.F. Al-Hajri // Dissertation – Department of Earth Science and Engineering RS of MI College London, London, 2010. – 158 p.
7. Alvarado, V. Enhanced Oil Recovery: An Update Review / V. Alvarado, E. Maruqe // Journal energies. – 2010. – № 3. – P. 1529-1575.
8. SNF Florerger. Повышение эффективности полимерного заводнения. 30 лет опыта в области технологий повышения нефтеотдачи пластов

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.snf.com/>. – Дата доступа: 15.06.2021.

9. Surguchev, L.M. Reservoir Characterization and Modelling Supported by Expert Knowledge Systems / L.M. Surguchev, A.B. Zolotikhin // SPE European Petroleum Computer Conference held in Stavanger, Norway, 25-27 May 1992. SPE-24279.

10. Маньрин, В.Н. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи при заводнении / В.Н. Маньрин, И.А. Швецов. – Самара : Самар. Дом печати, 2002. – 392 с.

11. Smalley, P.C. Screening for EOR and Estimating Potential Incremental Oil Recovery on the Norwegian Continental Shelf / P.C. Smalley, A.H. Muggerridge // SPE Improved Oil Recovery Conference held in Tulsa, Oklahoma, USA, 14-18 April 2018. SPE-190230-MS.