



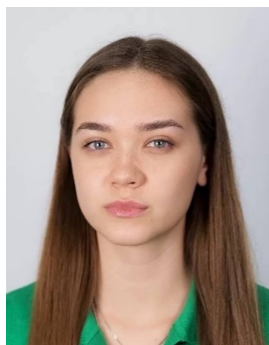
# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На современном этапе развития нефтяной промышленности наблюдается тенденция увеличения количества «стареющих» месторождений с одновременным сокращением объема добычи нефти. При этом порядка 60% общего объема запасов нефти приходится на трудноизвлекаемые. Исходя из этого, остро стоит проблема эффективного извлечения запасов остаточной, высоковязкой нефти. В работе рассматриваются основные особенности трудноизвлекаемых запасов, использование технологии полимерного заводнения как перспективного физико-химического метода повышения коэффициента извлечения нефти, анализ эффективности его использования в сравнении с применением щелочного заводнения, существующие проблемы, а также условия успешного применения данного метода.

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, коэффициент извлечения нефти, методы увеличения нефтеотдачи, полимерное заводнение, трудноизвлекаемые запасы нефти.



**Зялятдинов А.А.**  
канд. техн. наук  
ГБОУ ВО АГТУ ВШН  
начальник центра  
научно-технических  
исследований  
zalyatdinovaa@agni-rt.ru



**Пьянова О.С.**  
ГБОУ ВО АГТУ ВШН  
студент, оператор ЭВМ  
студенческого офиса  
olga.pyanova.03@mail.ru

**Т**рудноизвлекаемые запасы нефти (ТриЗ) – запасы, которые отличаются неблагоприятными для извлечения условиями залегания нефти или её физическими свойствами, такими как высокая вязкость и плотность нефти, остаточные запасы выработанных месторождений, высокое содержание твердых парафинов, нахождение в геологически низкопроницаемых коллекторах. Месторождениям, содержащим трудноизвлекаемые запасы, характерны сравнительно низко дебитные скважины, обусловленные слабой продуктивностью пластов, а также неблагоприятными условиями залегания нефти. Ввиду высокой неоднородности пластов, такие запасы, как правило, остаются не охваченными процессом заводнения. Остаточные запасы нефти являются одним из ключевых резервов повышения коэффициента извлечения нефти

без дополнительных затрат на разработку новых нефтяных месторождений [3].

В России остаточные запасы нефти в заводненных пластах оцениваются в 0,5 млрд т. На **рис. 1** приведены данные по степени выработке запасов нефти в целом по России и по отдельным регионам.

На поздней стадии разработки месторождений особое внимание уделяется методам увеличения нефтеотдачи (МУН) и воздействия на призабойную зону скважин, с помощью которых становится возможным увеличение коэффициента извлечения нефти. МУН представляют собой вторичные или третичные методы воздействия на пласт, поскольку к базовому методу относится естественный режим и методы поддержания пластового давления.

Среди основных технологий добычи остаточной нефти выделяют:

1. Циклическое заводнение.
2. Переход на нижележащий объект.
3. Гидроразрыв пласта.
4. Тепловые методы.
5. Газовые методы.
6. Микробиологические.
7. Физико-химические методы.

Ввиду интенсивного развития мировой экономики значительно возросли потребности отдельных стран в углеводородном сырье. С целью обеспечения достаточного объема добычи нефти фокус многих стран переместился с разработки новых месторождений на применение эффективных мер интенсификации нефтеотдачи пластов, одними из которых являются физико-химические методы воздействия. Проведем сравнительный анализ применения таких физико-химических методов воздействия на пласт, как полимерное и щелочное заводнения.

### Применение полимерного заводнения

Полимерное заводнение – один из самых широко используемых химических методов, направленных на улучшение добычи трудноизвлекаемых запасов нефти. Использование данного метода позволяет увеличить нефтеотдачу пластов на 5-30%.

Механизм действия полимерного заводнения: с целью повышения вязкости и уменьшения подвижности воды в ней растворяют полимеры. Полученный раствор проникает вглубь пласта и создает потокоотклоняющие экраны. За счет увеличения охвата пласта заводнением происходит сокращение неоднородности потоков жидкости, повышается подвижность остаточной нефти, тем самым увеличивается коэффициент ее извлечения [10].

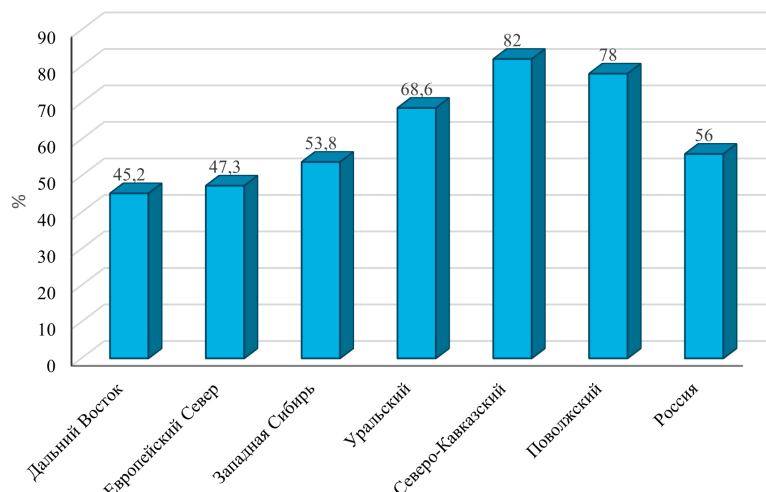
Биополимерные составы могут применяться с целью выравнивания неоднородности пласта, ликвидации заколонных перетоков, а также увеличения эффективности вскрытия пласта.

Полимерное заводнение имеет ряд своих особенностей:

1. Применение полимерного заводнения в наиболее промытых участках пласта приводит к повышению фильтрационного сопротивления, закаченные реагенты распространяются в те участки пласта, которые ранее не были охвачены заводнением, за счет чего повышается нефтеотдача.

2. Биополимеры являются устойчивыми к высоким механическим нагрузкам.

3. Технология закачки полимеров эффективна при применении как в добывающих скважинах при осуществлении обработки призабойной зоны с целью ограничения водопритока, так и в нагнетательных скважинах для изменения направления потоков.



**Рис.1.** Степень выработки запасов нефти в целом по России и по отдельным регионам, %.

Таблица 1.

Критерии применимости полимерного заводнения [5].

№ п/п	Параметр	Ед. измерения	Критерий применимости
1	Глубина залегания пласта	м	600-2500
2	Толщина пласта	м	2-20
3	Пористость	%	16-35
4	Проницаемость	мкм <sup>2</sup>	0,2-1
5	Нефтенасыщенность	%	>60
6	Температура в пласте	°С	<90
7	Вязкость нефти	мПа*с	3-125
8	Соленость пластовой воды	г/л	<20
9	Тип коллектора		Карбонатный, терригенный

Таблица 2.

Критерии применимости щелочного заводнения [5].

№ п/п	Параметр	Ед. измерения	Критерий применимости
1	Глубина залегания пласта	м	200-2500
2	Толщина пласта	м	4-15
3	Пористость	%	10-35
4	Проницаемость	мкм <sup>2</sup>	0,06-1,2
5	Нефтенасыщенность	%	<70
6	Температура в пласте	°С	<50
7	Вязкость нефти	мПа*с	1-50
8	Соленость пластовой воды	г/л	<10
9	Тип коллектора		Карбонатный, терригенный

4. Полимерные растворы имеют относительно низкую вязкость в процессе закачки, при этом их вязкость в пласте существенно повышается.

5. Данная технология может применяться на любой стадии разработки месторождения.

Основные недостатки применения полимерного заводнения:

1. Разрушение полимера в результате разрыва молекул, воздействия бактерий, взаимодействия с кислородом, а также деструкция, вызванная влиянием высоких температур.

2. Ограниченность применения данного метода по проницаемости и температуре (*табл.1*).

#### Применение щелочного заводнения

Щелочное заводнение – процесс закачки в пласт раствора, действующим компонентом которого чаще всего являются гидроксид натрия, аммония, силикат натрия, углекислый натрий. Данный раствор вызывает щелочную реакцию, основанную на взаимодействии щелочей с кислотными компонентами пластовой нефти, в результате чего снижается межфазное натяжение и повышается смачиваемость коллектора [4].

Щелочное заводнение является одним из эффективных методов повышения нефтеотдачи. Зачастую данный метод применяют совместно с полимерным заводнением или закачкой ПАВ.

Эффективность применения технологии щелочного заводнения существенно зависит от:

1. степени неоднородности пласта: с ее повышением эффективность заводнения увеличивается;

2. насыщенности пласта: с повышением водонасыщенности эффективность применяемой технологии снижается.

Механизм применения щелочного заводнения имеет много сходств с механизмом полимерного заводнения, при этом данный способ имеет ряд недостатков, среди которых основными являются:

1. Невозможность применения щелочного заводнения при минерализации воды.

2. Данная технология не используется при большом содержании в породе глин.

3. Щелочное заводнение имеет очень жесткие критерии применимости.

4. Содержание большого количества солей в воде, глин в коллекторе способствует повышению расхода щелочи, сопряженному со снижением эффективности вытеснения нефти (*табл.2*).

#### Заключение

Актуальность проблемы увеличения выработки коллекторов обусловлена нахождением большинства месторождений с трудноизвлекаемыми запасами остаточной, высоковязкой нефти на поздних стадиях разработки. На современном уровне развития нефтяной промышленности особое внимание уделяется применению мер по интенсификации добычи нефти.

В результате проведенного сравнительного анализа с целью улучшения вытеснения остаточной нефти предлагается применения технологии полимерного заводнения.

Основным преимуществом использования данной технологии в сравнении с другими физико-химическими методами является низкий риск применения полимерных растворов при широком диапазоне их использования.

Применение полимерного заводнения является успешным методом увеличения КИН на поздних стадиях разработки месторождений. Для эффективного использования данной технологии необходимо учитывать не только основные характеристики пластовой жидкости, но и геолого-физические особенности пласта, а также важным аспектом является правильный подбор и тестирование состава, подлежащего закачке в пласт. XXI

#### Литература

1. Боровская Л.В., Деркач Е.Ю. Использование адсорбционных методов очистки нефти от примесей различной природы, 2018.
2. Галимов, Р. И. Технология полимерного заводнения на поздней стадии разработки месторождений / Р. И. Галимов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 40 (174). – С. 4-6. – URL: <https://moluch.ru/archive/174/44555/> (дата обращения: 27.05.2024).
3. Дуркин С.М., Хасанов А.И. Разработка трудноизвлекаемых запасов - основная задача будущего/ Известия Коми научного центра УРО РАН, 2016 [Режим доступа]: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trudnoizvlekaemyh-zapasov-osnovnaya-zadacha-budushchego>
4. Круглова Ю.И., Дума А.Е., Боровская Л.В. Химические методы интенсификации добычи нефти. // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018026337> (дата обращения: 29.05.2024 ).
5. Назарова Л.Н. Разработка нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами: Учеб. пособие для вузов. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. - 156 с.
6. Тома А., Саюк Б., Абиров Ж., Махбаев Е. Полимерное заводнение для увеличения нефтеотдачи на месторождениях легкой и тяжелой нефти/ Территория Нефтегаз, 2017// [Режим доступа]: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimernoe-zavodnenie-dlya-uvlicheniya-nefteotdachi-na-mestorozhdeniyah-legkoy-i-tyazhelyoy-nefti>
7. Подопригора Д.Г., Бязров Р.Р., Христоч Е.А. Текущий уровень и перспективы развития технологий большеобъемных закачек с использованием полимеров для повышения нефтеотдачи/ Вестник евразийской науки, 2022// [Режим доступа]: <https://esj.today/PDF/37NZVN222.pdf>
8. Строкач, К. Е. Эффективность внедрения инновационных технологий для разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти / К. Е. Строкач. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 6 (244). – С. 146-149. – URL: <https://moluch.ru/archive/244/56443/> (дата обращения: 27.05.2024).
9. Федеральный институт промышленной собственности: официальный сайт [Электронный ресурс]. – <http://www1.fips.ru>
10. Эюбов Ф.Т., Сохошко С.К., Севастьянов А.А., Коваленко И.В. Оценка технологии полимерного и щелочного заводнения пласта пк1-3 при разработке восточно-мессояхского месторождения/ Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2017// [Режим доступа]: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tehnologii-polimernogo-i-schelchnogo-zavodneniya-plasta-pk1-3-pri-razrabotke-vostochno-messoyahskogo-mestorozhdeniya>

UDC: 622.276.6

**A.A. Zalyatdinov**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Center for Scientific and Technical Research, [zalyatdinovaa@agni-rt.ru](mailto:zalyatdinovaa@agni-rt.ru)  
**O.S. Pyanova**, student, computer operator of the student office, Head of the Center for Scientific and Technical Research, [olga.pyanova.03@mail.ru](mailto:olga.pyanova.03@mail.ru)

## APPLICATION OF POLYMER FLOODING TECHNOLOGY TO ENHANCE OIL RECOVERY AT THE LATE STAGE OF FIELD DEVELOPMENT

**Abstract:** At the current stage of oil industry development, there is a tendency to increase the number of «aging» fields with a simultaneous reduction in oil production. At the same time, about 60% of the total volume of oil reserves are hard-to-recover. Therefore, the problem of effective extraction of residual, high-viscosity oil reserves is acute. The paper considers the main features of hard-to-recover reserves, the use of polymer flooding technology as a promising physical and chemical method of increasing the oil recovery factor, analyzing the effectiveness of its use in comparison with the use of alkaline flooding, the existing problems, as well as the conditions for the successful application of this method.

**Keywords:** high-viscosity oil, oil recovery factor, enhanced oil recovery methods, polymer flooding, hard-to-recover oil reserves.