

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.165-172>

EDN NUCXQL

УДК 622.276.63

**Оценка технологической эффективности циклической  
направленной соляно-кислотной обработки  
по характеристикам вытеснения  
(на примере кизеловского горизонта  
Бавлинского месторождения)**

<sup>1,2</sup>Алексеев В.Э., <sup>2</sup>Низаев Р.Х.

<sup>1</sup>Альметьевский государственный нефтяной институт (АГНИ), Альметьевск, Россия

<sup>2</sup>Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

**Assessment of technological efficiency of cyclic directed  
hydrochloric acid treatment by displacement characteristics  
(by the example of the kizelovksy horizon of the Bavlinsky field)**

<sup>1,2</sup>V.E. Alekseev, <sup>2</sup>R.Kh. Nizaev

<sup>1</sup>Almetyevsk State Oil Institute (AGNI), Almetyevsk, Russia

<sup>2</sup>TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

**E-mail: AlekseevViktorEh@tatnipi.ru**

**Аннотация.** В работе приводится анализ применения циклической направленной соляно-кислотной обработки добывающих скважин кизеловского горизонта Бавлинского месторождения. Технологическая эффективность рассматриваемой технологии циклической направленной соляно-кислотной обработки определяется по характеристикам вытеснения Камбарова Г.С., Казакова А.А., Пирвердяна А.М. и Сазонова Б.Ф., на основе прогнозирования базового варианта работы добывающих скважин с проведением корреляционного анализа Пирсона по построенным зависимостям (характеристикам вытеснения) за 12, 9, 6 и 3 месяца до проведения мероприятий по технологии циклической направленной соляно-кислотной обработки на скважинах. Выполненный анализ эффективности циклической направленной соляно-кислотной обработки на добывающих

скважинах кизеловского горизонта Бавлинского месторождения показал, что данная технология обеспечивает прирост добычи нефти. На основе проведенной оценки, данная технология рекомендуется для дальнейшего применения. Дополнительная добыча нефти по данной технологии составила 16,4 тыс. тонн, удельная дополнительная добыча в целом – 297,4 тонн на скважину. Наибольшая удельная добыча была получена в 2016 году – 384 т/скв.

**Ключевые слова:** *циклическая направленная соляно-кислотная обработка, характеристика вытеснения, дополнительная добыча нефти, кизеловский горизонт, геолого-техническое мероприятие, обработка призабойной зоны*

**Для цитирования:** Алексеев В.Э., Низаев Р.Х. Оценка технологической эффективности циклической направленной соляно-кислотной обработки по характеристикам вытеснения (на примере кизеловского горизонта Бавлинского месторождения) // Нефтяная провинция.-2023.-№2(34).-С. 165-172. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.165-172>. - EDN NUCXQL

**Abstract.** The paper presents the analysis of targeted cyclic hydrochloric treatment application in producing wells on Kizelovskian horizon of Bavlinskoe field. Process efficiency of reviewed targeted cyclic hydrochloric acid treatment technology is determined using decline curve analysis methods by Kambarov G.S., Kazakov A.A., Pirverdyan A.M. and Sazonov B.F. based on forecasting of basic operation conditions of producing wells with Pearson's correlation analysis on constructed dependencies (production decline curves) 12, 9, 6 and 3 months prior to targeted cyclic hydrochloric acid treatment of wells. Efficiency analysis of targeted cyclic hydrochloric treatment of producing wells on Kizelovskian horizon of Bavlinskoye field shows that implementation of this technology results in oil production increase. Based on performed evaluation this technology is recommended for further use. Incremental oil production using this technology is 16.4 thousand tons, specific incremental oil production in general is 297.4 tons per well. The highest specific oil production was observed in 2016 reaching as high as 384 tons per well.

**Keywords:** *targeted cyclic hydrochloric acid treatment, production decline curves, incremental oil production, Kizelovskian horizon, production enhancement operations, bottom hole treatment*

**For citation:** V.E. Alekseev, R.Kh. Nizaev Otsenka tekhnologicheskoy effektivnosti tsiklicheskoy napravlennoy solyano-kislotnoy obrabotki po kharakteristikam vytesneniya (na primere kizelovskogo gorizonta Bavlinskogo mestorozhdeniya) [Assessment of technological efficiency of cyclic directed hydrochloric acid treatment by displacement characteristics (by the example of the kizelovksy horizon of the Bavlinsky field)]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(34), 2023. pp. 165-172. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.165-172>. EDN NUCXQL (in Russian)

Дополнительная добыча нефти по технологии циклической направленной соляно-кислотной обработки (ЦНСКО) составила 16,4 тыс. тонн, удельная дополнительная добыча в целом – 297,4 тонн на скважину. Наибольшая удельная добыча была получена в 2016 году – 384 т/скв.

Поддержание текущих темпов добычи нефти для карбонатных отложений - порово-трещинных коллекторов - обеспечивается различными методами обработки прискважинной зоны (ОПЗ) пласта.

На сегодняшний день существуют различные методы воздействия на прискважинную зону карбонатных пластов, в основе которых применяется соляная кислота; простые кислотные обработки, нефтекислотные обработки, поинтервальные кислотные обработки и т.д. Однако классические варианты обработки призабойной зоны пласта не обеспечивают значительного эффекта, так как в большинстве случаев происходит поглощение закачиваемой кислоты уже дренируемыми зонами пласта.

Применение рассматриваемой технологии ЦНСКО предусматривает временное блокирование всех дренируемых (работающих) зон и участков пласта, за счет использования вязкой обратной эмульсии, которая используется в качестве блокирующего материала. Преимущества обратной эмульсии, по сравнению с высоковязкими полимерными гелями заключается в том, что возможно регулирование вязкости в широком диапазоне и она разжижается нефтью, которая поступает в скважину из пласта при освоении скважины после проведения обработки [2].

Для анализа эффективности на сегодняшний день используются различные методики. В качестве одного из методов определения технологической эффективности геолого-технических мероприятий (ГТМ) используются характеристики вытеснения. Существуют различные характеристики вытеснения, по которым проводится оценка дополнительной добычи нефти от применения той или иной технологии.

В данной работе для оценки эффективности технологии ЦНСКО на основе определения дополнительно добытой нефти выбраны, представленные в табл. 1, четыре характеристики вытеснения: Камбарова Г.С., Казакова А.А., Пирвердяна А.М. и Сазонова Б.Ф. [3], которые представляют зависимость накопленной добычи нефти ( $Q_H$ ) от различных показателей.

Таблица 1

*Характеристики вытеснения*

Автор метода	Уравнение
Камбаров Г.С.	$Q_H = a + b/Q_{Ж}$
Казаков А.А.	$Q_H = a + b \cdot Q_{Ж}^{-\lambda}$
Пирвердян А.М.	$Q_H = a \cdot Q_{Ж}^{-1/2} + b$
Сазонов Б.Ф.	$Q_H = \ln Q_{Ж} a + b$

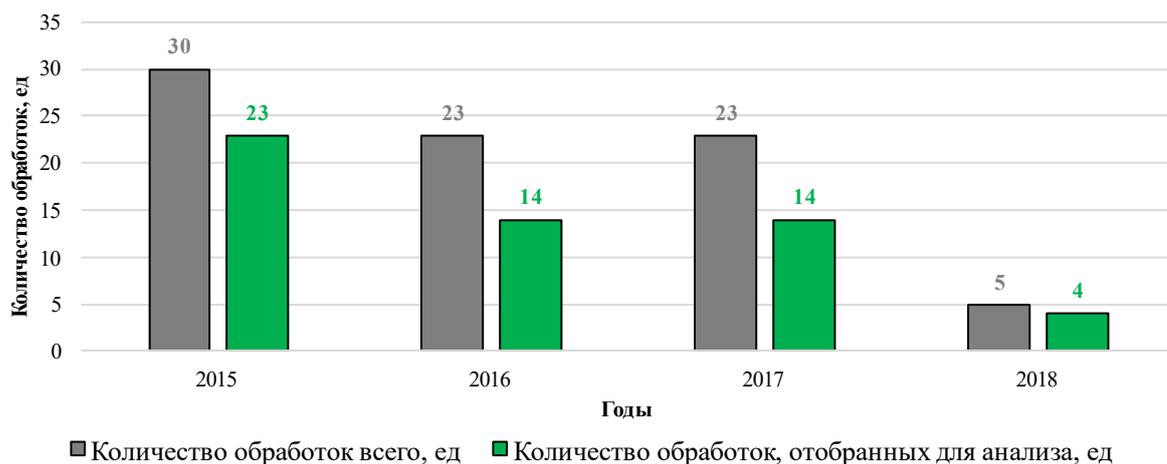
После построения характеристик вытеснения производится прогноз базового варианта работы скважин, то есть как бы работала скважина без проведения ЦНСКО. Построение базового варианта проводится по данным расчетов коэффициента корреляции Пирсона по 12, 9, 6 и 3 месяцам до проведения обработки скважины.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где  $\bar{x}, \bar{y}$  – выборочное среднее.

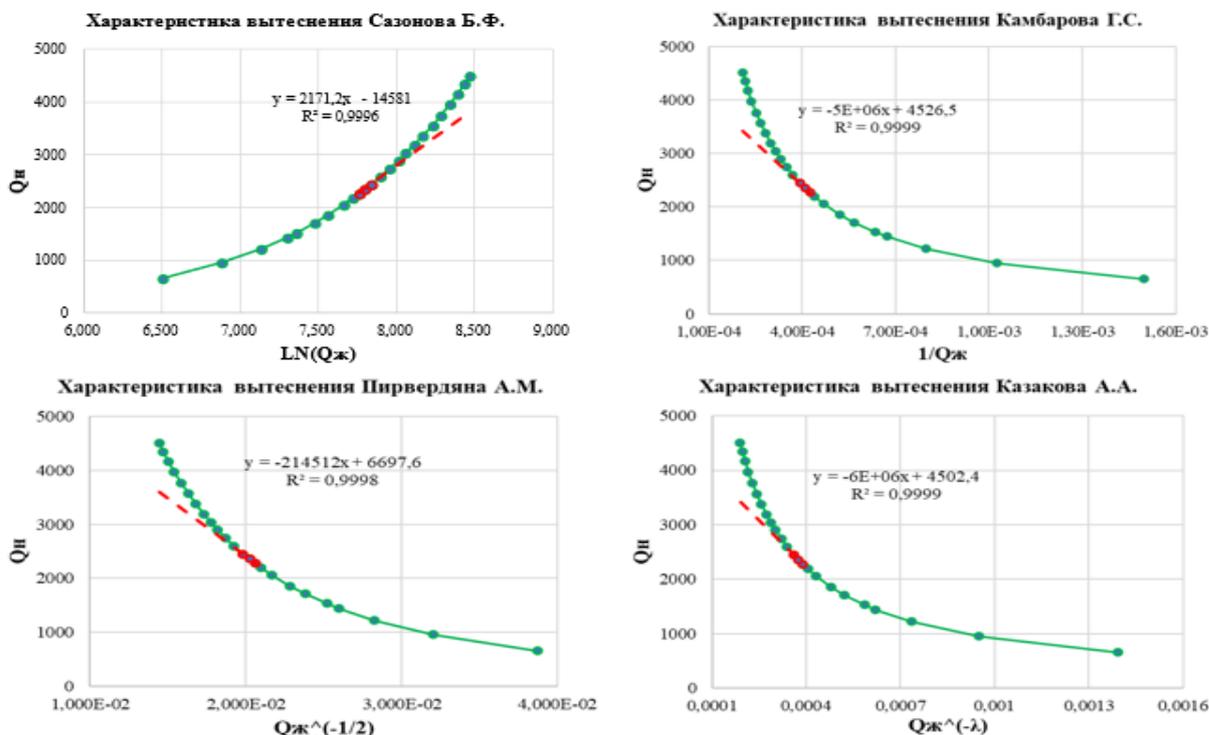
Дополнительная добыча нефти определяется из разницы накопленной добычи нефти фактической и расчетной работы скважины через 12 месяцев после проведения ЦНСКО.

С 2015 по 2022 на 81 скважине кизеловского горизонта Бавлинского месторождения проведены мероприятия по технологии ЦНСКО (Рис. 1). Из всех скважин, на которых проводилась ЦНСКО, выбрано 55 скважин по которым в период 12 месяцев до и после проведения обработки не проводились другие мероприятия.



**Рис. 1. Распределение скважин, на которых проводились мероприятия по ЦНСКО, по годам**

Следует отметить, что с 2015 произошло значительное снижение обработок скважин с использованием технологии ЦНСКО, так в 2018 году их было проведено в 6 раз меньше, а в последующие годы во все данная технологии не применялась.



**Рис. 2. Характеристики вытеснения по скважине 4123Г**

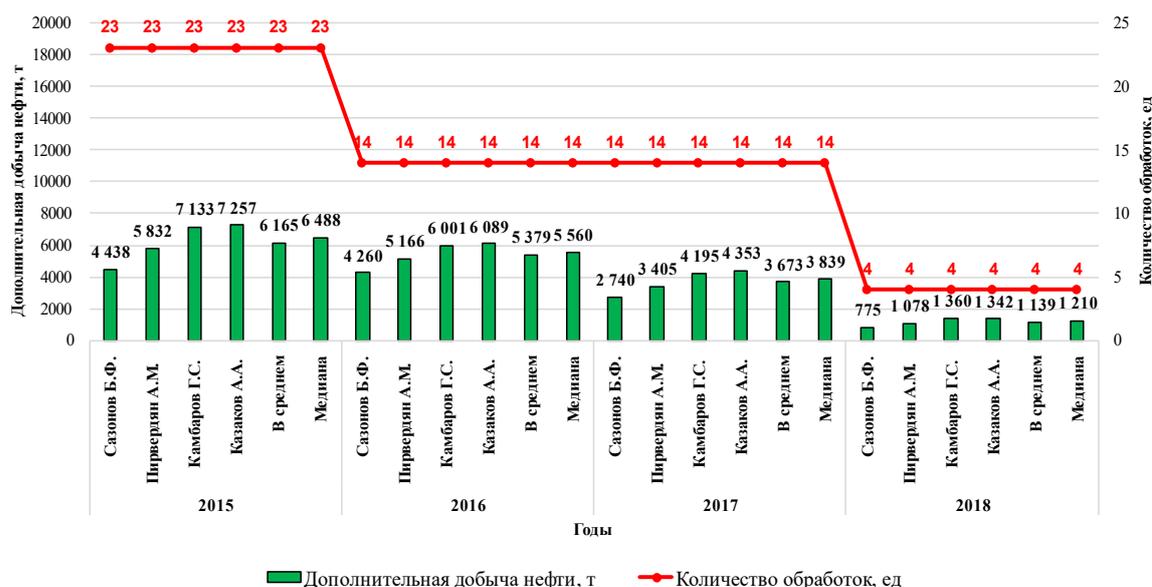
По каждой скважине, выбранной для анализа технологической эффективности технологии ЦНСКО, построены характеристики вытеснения (Рис. 2) и проведен расчет дополнительной добычи от проведения

обработки по используемым характеристикам вытеснения. Рассчитано среднее и медианное значение (Табл. 2).

Таблица 2

*Расчет коэффициента корреляции и дополнительной добычи нефти по скважине 4123Г*

Автор метода	12	9	6	3	12	9	6	3	Итог
	Коэффициент корреляции Пирсона				Дополнительная добыча нефти, тонн				
Камбаров Г.С.	0,857	0,981	0,995	0,999	2047	1470	1235	1085	1085,0
Пирвердян А.М.	0,918	0,989	0,997	0,999	1747	1228	1020	908	908,5
Казаков А.А.	0,855	0,981	0,994	0,999	2053	1475	1239	1088	1088,5
Сазонов Б.Ф.	0,965	0,995	0,999	0,999	1319	909	745	689	689,2
Среднее значение					1360	942	808	869	942,8
Медиана					1533	1069	882	996	996,7



**Рис. 3. Распределение дополнительной добычи от проведения ЦНСКО по годам**

На основе анализа результатов расчетов определено, что дополнительная добыча нефти от применения ЦНСКО составила 16,4 тыс. тонн, удельная дополнительная добыча в целом – 297,4 тонн на скважину. Наибольшая удельная добыча была получена в 2016 году – 384 т/скв.

## Выводы

Выполненный анализ эффективности циклической направленной соляно-кислотной обработки на добывающих скважинах кизеловского горизонта Бавлинского месторождения показал, что данная технология обеспечивает прирост добычи нефти. Технологии ЦНСКО рекомендуется применять в дальнейшем процессе разработки объекта. Дополнительная добыча нефти от применения ЦНСКО составила 16,4 тыс. тонн, удельная дополнительная добыча в целом – 297,4 тонн на скважину. Наибольшая удельная добыча была получена в 2016 году – 384 т/скв.

## Список литературы

1. Муслимов, Р.Х. Планирование дополнительной добычи и оценка нефтеотдачи пластов. – Казань: Изд-во Казанск. Ун-та, 1999.
2. СТО ТН 337-2018. Инструкция по технологии циклической направленной соляно-кислотной обработки карбонатных пластов., Бугульма. – 2018.
3. Савельев, В.А. Геолого-промысловые методы прогноза нефтеотдачи: Учеб. Пособие. – Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2008. – 147 с.

## References

1. Muslimov R.Kh. Planirovanie dopolnitelnoy dobychi i otsenka nefteotdachi plastov [Incremental oil production planning and reservoir recovery evaluation]. Kazan: Kazan University Publ. 1999 (in Russian)
2. STO TN 337-2018. Instructions for Cyclic Directional Salt-Acid Treatment of Carbonate Beds., Bugulma. – 2018. (in Russian)
3. Savelev V.A. Geologo-promyslovye metody prognoza nefteotdachi [Field-geologic oil recovery evaluation methods]. Izhevsk: Udmurt University Publ. 2008 – 147 p. (in Russian)

## Сведения об авторах

*Низаев Рамиль Хабутдинович*, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела разработки нефтяных месторождений института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина  
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 32  
E-mail: nizaev@tatnipi.ru

*Алексеев Виктор Эдгарович*, аспирант Альметьевского государственного нефтяного института (АГНИ)  
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Ленина, 2  
E-mail: AlekseevViktorEh@tatnipi.ru

**Authors**

*R.Kh. Nizaev*, Dr.Sc., Assistant Professor, Leading Research Associate, TatNIPIneft-PJSC  
TATNEFT

32, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation

E-mail: nizaev@tatnipi.ru

*V.E. Alekseev*, Postgraduate student of Almeteyevsk State Oil Institute (AGNI)

2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation

E-mail: AlekseevViktorEh@tatnipi.ru

*Статья поступила в редакцию 18.05.2023*

*Принята к публикации 15.06.2023*

*Опубликована 30.06.2023*