

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ X ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Молдабаева Г.Ж., Сыздыков А.Х., Елигбаева Г.Ж.,  
Тузелбаева Ш.Р., Имансакипова З.Б.

НАО «Казахский национальный технический исследовательский университет  
им. К.И.Сатпаева: [moldabaeva@gmail.com](mailto:moldabaeva@gmail.com)

### THE EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF NON-STATIONARY FLOODING AT THE FIELD X TO LIMIT WATER FLOWS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Moldabayeva G.Zh., Syzdykov A.Kh., Yeligbayeva G.Zh., Tuzelbayeva Sh.R., Imansakipova Z.B.  
NJSC "Kazakh National Research Technical University named after K.I.Satpayev": [moldabaeva@gmail.com](mailto:moldabaeva@gmail.com)

**Keywords:** *unsteady flooding,  
injection well, oil recovery,  
heterogeneity, cyclic injection*

**Summary:** The paper highlights the use of non-stationary flooding, which is one of the sufficiently effective methods of increasing the oil recovery coefficient used to change the direction of filtration flows, which allow involving unprocessed oil reserves in development and reduce the rate of flooding of deposits in productive reservoirs. A common technological method of implementing non-stationary flooding is the use of cyclic modes of operation of injection wells.

As a result of the analysis, the positive effect of the implementation of the technology of non-stationary flooding was revealed, and recommendations were made to improve its application at other operational facilities of PU "ZHMG".

© 2023 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

### Введение

Нестационарное заводнение (НЗ) применимо как на ранней, так и на поздней стадии разработки. Возможно его использование и на высокообводненных месторождениях, разрабатываемых методом обычного стационарного заводнения, даже после достижения предельного рентабельного дебита добывающих скважин (Рзаева, 2020).

Методы нестационарного заводнения широко применяются на нефтяных месторождениях, однако не всегда эффективны из-за недостаточно четкого соблюдения рекомендаций. Имеется множество причин, по которым циклическое заводнение будет эффективным не для каждого месторождения: геологическое строение залежи, текущее состояние разработки (система заводнения, работающий фонд скважин, уровень обводненности, доля и характер выработки геологических запасов), неоднородность по проницаемости и т.п. В связи с этим возникает необходимость прогнозирования эффективности процесса циклического воздействия (Knobloch et al., 2018).

Целью данной работы являлось увеличение упругого запаса пластовой системы путем периодического изменения давления нагнетания воды. Проведенный автором анализ геолого-промысловых данных показал, что традиционно рассматриваемые геологические факторы, такие как литолого-фациальные особенности строения продуктивного горизонта и фильтрационно-емкостные свойства пород не исчерпывают всех влияющих на дебит скважины факторов. Применение нестационарного заводнения позволило сократить непроизводительную закачку и снизить возможные потери подвижных запасов нефти по выбранному участку. (Manichand, Seright, 2014).

По состоянию на 01.01.2022 г. по объекту Ю-2+3 геологические запасы составляют 36 360 тыс. т, начальные извлекаемые запасы – 9 332 тыс. т, ОИЗ – 3493 тыс. т, выработка от НИЗ – 63%, накопленная добыча нефти – 5839 тыс. т. На данном объекте 147 добывающих и 67 нагнетательных скважин. Накопленная закачка воды 27 413 тыс.м<sup>3</sup>, текущая компенсация отбора закачкой – 107% (таб., рис. 1) (Castro-Garcia et al., 2016).

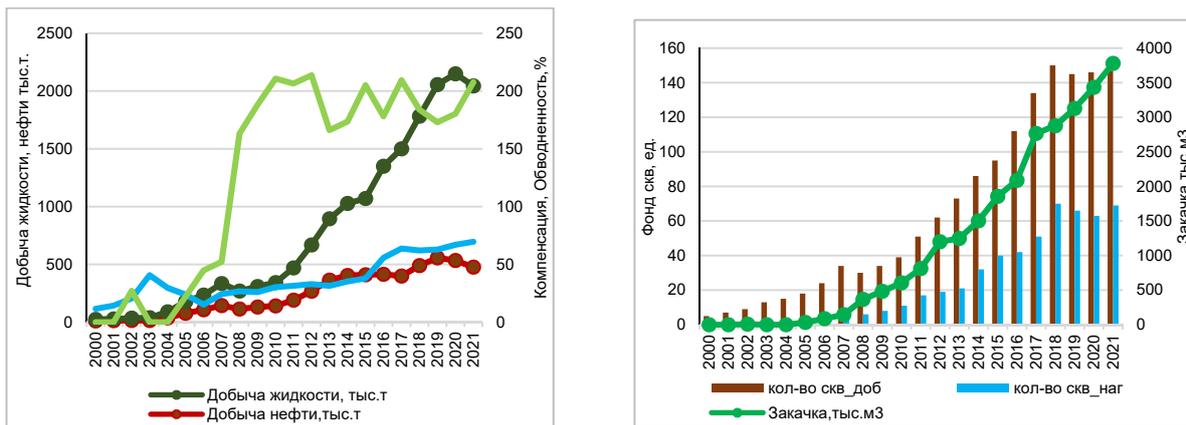


Рис. 1. График разработки месторождения X по объекту Ю-2+3

По геолого-физическим критериям, наиболее подходящим является участок № 1.

**Участок № 1.** По выбранному участку работают 4 нагнетательные скважины №№ 4382, 4919, 4366, 4907 в районе БКНС-1. Приемистость нагнетательных скважин составляет в среднем 188 м³/сут, среднегодовая обводненность по участку – 90%, текущая компенсация – 165%. Поддержание пластового давления на участке осуществляется закачкой альб-сеноманской воды. Для определения направления фильтрационных потоков в 2014 г. и 2020 г. проведена закачка карбамида (2020 г.) и динатрия фосфата (2014 г.) (Mora et al., 2021).

В 2020 г проведено трассерное исследование в нагнетательной скважине № 4907 (закачка карбамида). По результатам проведенных лабораторных исследований выход индикатора зафиксирован по 14 скважинам (№№ 875, 975, 1489, 1506, 2517, 4404, 4421, 4423, 4435, 4702, 4704, 4764, 4824, 4881). В 4 скважинах (№№ 2213, 3213, 4307, 4965) пробы не отбирались, поскольку скважины находились в бездействии и консервации (Al-Obaidi et al., 2021; Mishra et al., 2014).

По скважине № 4366 с целью определения распределения гидродинамических потоков в пласте проведена закачка динатрия фосфата. Выход индикатора зафиксирован по всем 16 скважинам (№№ 775, 974, 975, 1489, 1502, 1506, 1508, 1513, 1515, 2521, 4307, 4308, 4404, 4421, 4423, 4435). Можно отметить, что индикатор прослеживался в реагирующих добывающих скважинах № 4907 и № 4366 (рис. 2), что явилось обоснованием для выбора данного участка (Abhijit, Vishnudas, 2022).

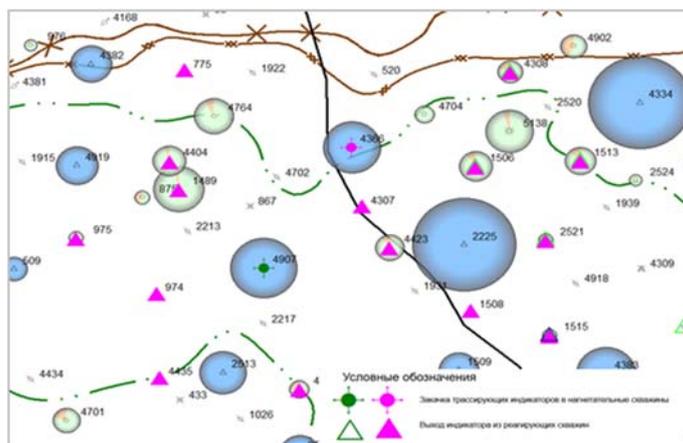


Рис. 2. Выход индикатора из реагирующих скважин

## Выводы

У большинства месторождений после практически полной выработки остаточная нефть находится в капиллярно-защемленном виде или в виде отдельных целиков нефти. Для повышения полноты ее извлечения широко используется метод НЗ, эффективность которого была доказана в ходе проведения ОПР на объекте Ю-2+3 месторождения X. В отличие от большинства МУН технология циклического воздействия не требует дополнительных затрат на обустройство месторождения и закупку дополнительного оборудования, что не увеличивает себестоимость добычи нефти. Анализ геолого-физических

характеристик объектов и сложившейся системы разработки, показывает, что данный метод применим практически повсеместно. Для достижения наибольшей эффективности от внедрения циклического воздействия рекомендуется использовать предложенные в данной работе критерии подбора участков и технологию проведения работ.

Основные показатели по месторождению X и объекту Ю-2+3

Параметры	КНС месторождения X							Общий итог	
	1	2	3 1	3 2	3 3	4	5		
Тип закачиваемой воды	альб-сеноманская	Сточная					альб-сеноманская		
НГЗ, тыс. т по месторождению	41 070	37 158	51 357	46 715	55 692	46 163	68 730	346 885	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>8410.18</b>	<b>4820.16</b>	<b>3531.10</b>	<b>4476.72</b>	<b>3194.53</b>	<b>2565.24</b>	<b>9362.42</b>	<b>36 360</b>	
НИЗ, тыс. т по месторождению	14 593	13 436	19 211	17 329	21 183	17 368	25 818	128 938	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>2159</b>	<b>1237</b>	<b>906</b>	<b>1149</b>	<b>820</b>	<b>658</b>	<b>2403</b>	<b>9 332</b>	
Накопленная добыча нефти по месторождению	8 929	8 728	15 521	9 446	16 117	14 467	12 620	85 828	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>1639</b>	<b>1502</b>	<b>650</b>	<b>386</b>	<b>483</b>	<b>510</b>	<b>669</b>	<b>5 839</b>	
Выработка от НИЗ, % по месторождению	61	65	81	55	76	83	49	67	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>76</b>	<b>121</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>59</b>	<b>77</b>	<b>28</b>	<b>63</b>	
Действ. Фонд (доб) на 2021г. по месторождению	94	68	119	80	164	103	146	774	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>147</b>	
БД фонд (доб) на 2021г. по месторождению	29	44	36	41	46	39	41	276	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>45</b>	
Действ. Фонд (наг) на 2021г. по месторождению	42	30	44	35	55	56	69	331	
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>67</b>	

БД фонд (наг) на 2021г. по месторождению	12	21	31	33	22	9	17	145
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Соотношение Н/Д на 2021г. по месторождению	4/9	4/9	3/8	4/9	1/3	1/2	1/2	3/7
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>1/2</b>	<b>3/5</b>	<b>3/8</b>	<b>1/2</b>	<b>2/7</b>	<b>2/5</b>	<b>1/2</b>	<b>1/2</b>
Добыча жидкости за 2021г. по месторождению	937	644	997	771	1228	808	1162	6548
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>378</b>	<b>257</b>	<b>251</b>	<b>169</b>	<b>222</b>	<b>74</b>	<b>216</b>	<b>1567</b>
Компенсация на 2021г. по месторождению	211	189	193	194	163	226	158	187
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>211</b>	<b>229</b>	<b>185</b>	<b>213</b>	<b>184</b>	<b>269</b>	<b>204</b>	<b>107</b>
Обводненность, % по месторождению	78	76	73	73	68	78	69	73
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>79</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>55</b>	<b>61</b>	<b>63</b>	<b>70</b>
Закачка за 2021г.	2206	1368	2207	1718	2376	6302	2023	2167
<b>Объект Ю-2+3</b>	<b>876</b>	<b>666</b>	<b>535</b>	<b>416</b>	<b>514</b>	<b>1465</b>	<b>243</b>	<b>531</b>

## ЛИТЕРАТУРА

- Рзаева С.Д. Селективная изоляция водопритоков в скважину на основе использования отходов производства. SOCAR Proceedings No. 3, 2020, pp. 118-125, <https://doi.org/10.5510/OGP20200300452>.
- Al-Obaidi S.H., Smirnov V.I., Khalaf F.H. New Technologies to Improve the Performance of High Water Cut Wells Equipped With ESP. Technium, Vol. 3, Issue 1, 2021, pp. 104-113, <https://techniumscience.com/index.php/technium/article/view/2518>.
- Castro-Garcia R.H., Maya-Toro G., Jimenes-Diaz R., Quintero-Perez H., Diaz-Guardia V., Colmenares-Vargas K., Palma-Bustamante J., Delgadillo-Aya C. and Perez-Romero R. Polymer Flooding to Improve Volumetric Sweep Efficiency in Waterflooding Processes. CT&F–Ciencia, Tecnologia y Futuro, Santander, Columbia 2016, [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53832016000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832016000100004).
- Chaudhuri A., Vishnudas R. A systematic numerical modeling study of various polymer injection conditions on immiscible and miscible viscous fingering and oil recovery in a five-spot setup. FUEL ISSN: 0016-2361, Vol. 232, 2022, pp. 431-443, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.115>.
- Knobloch L.O., Hincapie Reina R.E., Foedisch H. and Ganzer L. Qualitative and Quantitative Evaluation of Permeability Changes during EOR Polymer Flooding Using Micromodels. World Journal of Engineering and Technology, No. 6, 2018, pp. 332-349, <https://doi.org/10.4236/wjet.2018.62021>.
- Manichand R., Seright R.S. Field vs. Laboratory Polymer-Retention Values for a Polymer Flood in the Tambaredjo Field. SPE Res Eval & Eng, Vol. 17 (03), 2014, pp. 314-325. Paper Number: SPE-169027-PA.
- Mishra S., Bera A., Mandal A. Effect of Polymer Adsorption on Permeability Reduction in Enhanced Oil Recovery. Journal of petroleum Engineering, 2014, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1155/2014/395857>.
- Mora P., Morra G., Yuen D., Juanes R. Study of the Effect of Wetting on Viscous Fingering Before and After Breakthrough by Lattice Boltzmann Simulations. SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, 2021, SPE-204536-MS, <https://doi.org/10.2118/204536-MS>.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ X ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

**Молдабаева Г.Ж., Сыздыков А.Х., Елигбаева Г.Ж., Тузелбаева Ш.Р., Имансакипова З.Б.**  
НАО «Казахский национальный технический исследовательский университет им. К.И.Сатпаева»  
[moldabaeva@gmail.com](mailto:moldabaeva@gmail.com)

**Резюме.** В статье освещается применение нестационарного заводнения, которое является одним из достаточно эффективных методов увеличения коэффициента извлечения нефти, применяемого для изменения направления фильтрационных потоков, позволяющих вовлечь в разработку невыработанные запасы нефти и снизить темпы обводнения залежи в продуктивных коллекторах. Распространенным технологическим методом реализаций нестационарного заводнения является использование циклических режимов работы нагнетательных скважин.

В результате анализа выявлен положительный эффект от реализации технологии нестационарного заводнения, а также даны рекомендации по совершенствованию ее применения на других эксплуатационных объектах ПУ «ЖМГ».

**Ключевые слова:** нестационарное заводнение, нагнетательная скважина, нефтеотдача, неоднородность, циклическая закачка