

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.114-123>

УДК 622.276.4

## **К вопросу эффективности систем заводнения на месторождениях платформенного типа**

*Захарова Е.Ф., Леванова Е.В., Саяхов В.А.*

*Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия*

## **On efficacy of waterflooding systems in platform-type reservoirs**

*E.F. Zakharova, E.V. Levanova, V.A. Sayakhov*

*Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk, Russia*

**E-mail: [sayakhoff@mail.ru](mailto:sayakhoff@mail.ru)**

**Аннотация.** Проблема повышения эффективности разработки неоднородных пластов с каждым годом становится все более актуальной. При этом происходит снижение добычи нефти, как в России, так и в Республике Татарстан, основной причиной которого является значительная выработанность активных запасов крупных месторождений. В Республике Татарстан – это в первую очередь залежи девона Ромашкинского месторождения.

Ввод новых запасов с целью стабилизации добычи нефти сопряжен с необходимостью значительных инвестиций, эффективность которых резко снижается, так как в разработку вводятся низкопродуктивные трудноизвлекаемые запасы. Таким образом, повышение эффективности разработки «старых» обустроенных площадей является основным резервом стабилизации добычи нефти.

Существенными факторами, влияющими на процесс вытеснения нефти водой в малопроницаемых пластах, являются кольматация (закупорка) и депелитизация (вынос частиц) коллекторов [1, 2]. В условиях внутриконтурного заводнения и при высокой степени разбуренности объекта, косвенным показателем закольматированности пласта являются зоны с пониженным пластовым давлением, что является следствием слабой гидродинамической связи таких участков с зоной нагнетания.

С целью выработки рекомендаций по повышению эффективности закачки на участках отбора Миннибаевской площади Ромашкинского месторождения с низким пластовым давлением, была выполнена настоящая работа, в которой оценена необходимая степень компенсации отбора закачкой и очистки воды перед её закачкой в продуктивные пласты, а также предложен ряд комплексных мероприятий в условиях анализируемых объектов НГДУ «Альметьевнефть».

**Ключевые слова:** приемистость, низкое пластовое давление, геолого-техническое мероприятие, кольматация, гидродинамическая связь

**Для цитирования:** Захарова Е.Ф., Леванова Е.В., Саяхов В.А. К вопросу эффективности систем заводнения на месторождениях платформенного типа//Нефтяная провинция.-2021.-№1(25).-С.114-123. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.114-123>

**Abstract.** The problem of effective development of heterogeneous reservoirs has been increasingly more acute. The lately production decline in Russia and in the Republic of Tatarstan can be explained by maturing of the main productive assets. In Tatarstan, these are, in the first place, the Devonian productive deposits of the gigantic Romashkinskoye oil field.

Bringing into production new reserves to maintain a stable production level requires huge investments, however considering that the main source of reserves' growth is hard-to-recover hydrocarbons, the ROI is rather low. In fact, production stabilization can be achieved, primarily, through the effective development of brown fields having the robust infrastructure.

In low-permeability formations, the effectiveness of water displacement is controlled, primarily, by two factors, that is, the extent of formation damage and the extent of solids' production [1, 2]. In fields with dense well spacing developed by boundary waterflooding, zones with low reservoir pressure that result from low pressure communication with the injection zones can be treated as indirect signs of formation damage.

The paper presents recommendations as to how improve efficiency of water injection in the Minnibayevskaya Accumulation of the Romashkinskoye oil field characterized by low formation pressure, which include the optimal injection ratio, requirements to the quality of the injected water. Production enhancement operations customized to conditions of reservoirs developed by NGDU Almeteyevneft are offered.

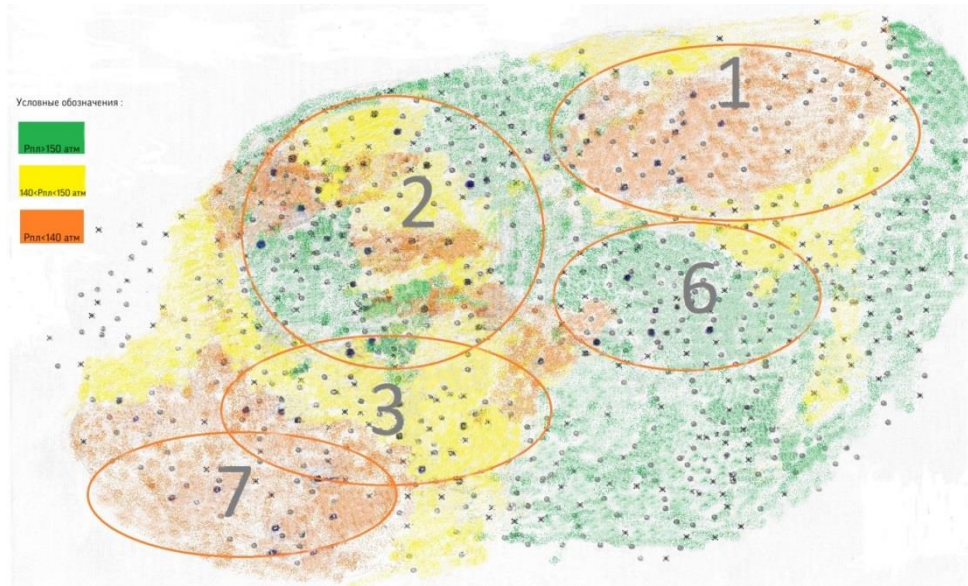
**Key words:** injectivity, low formation pressure, production enhancement operations, formation damage, pressure communication

**For citation:** E.F. Zakharova, E.V. Levanova, V.A. Sayakhov K voprosu jeffektivnosti sistem zavodnenija na mestorozhdenijah platformennogo tipa [On efficacy of waterflooding systems in platform-type reservoirs]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(25), 2021. pp. 114-123. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.114-123> (in Russian)

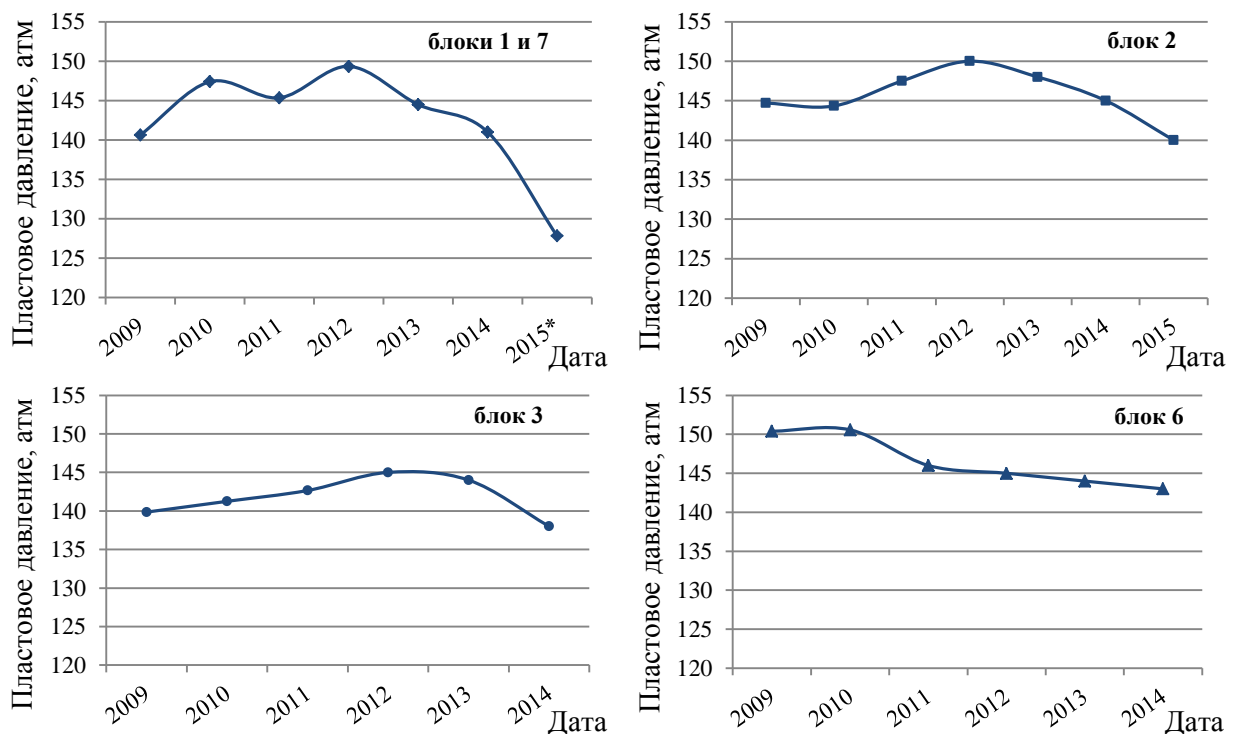
Всего по блокам 1, 2, 3, 6, 7 Миннибаевской площади Ромашкинского месторождения ЦДНГ-2 на начало 2015 года было выявлено 83 участка с пластовыми давлениями менее 140 атмосфер (Рис. 1, 2).

Выполненный авторами анализ динамики технологических показателей в период с 2009 по 2014 год позволил установить, что не всегда характер изменения величины приемистости зависит от характера изменения давления закачки. Аналогичный вывод получен при

исследовании влияния средней депрессии по участку и количества закачиваемой жидкости на отборы жидкости и нефти.

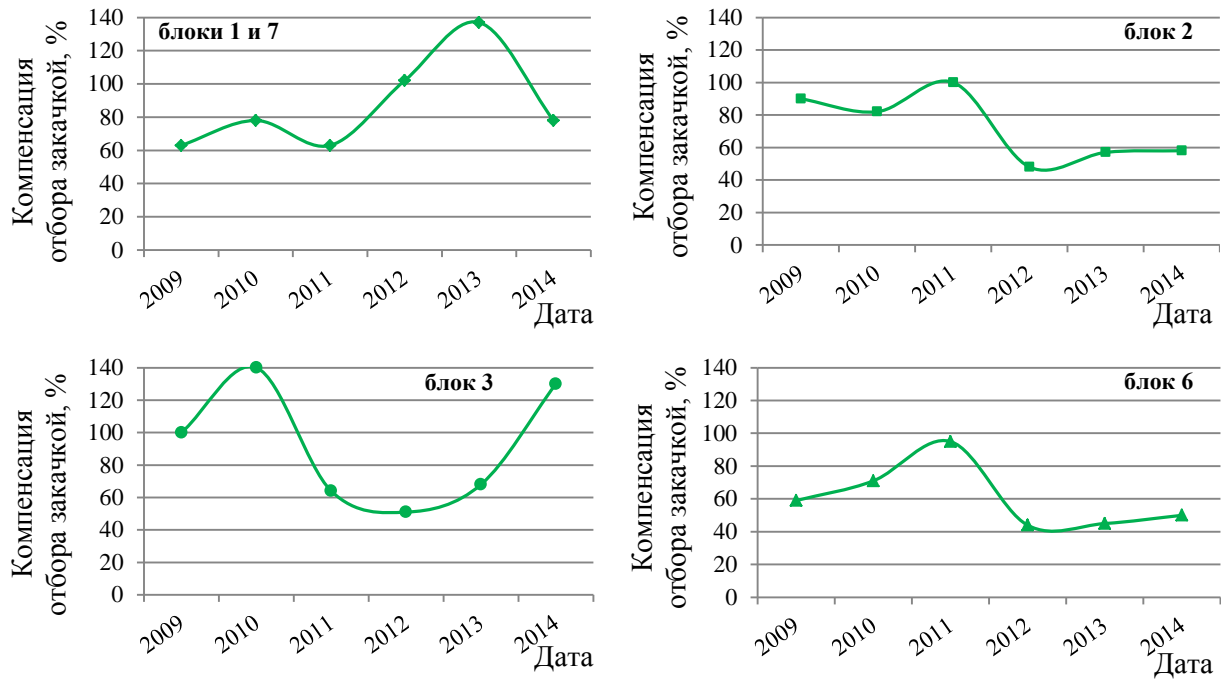


**Рис. 1. Распределение пластовых давлений по 1, 2, 3, 6 и 7 блокам Миннибаевской площади, разрабатываемым ЦДНГ-2**



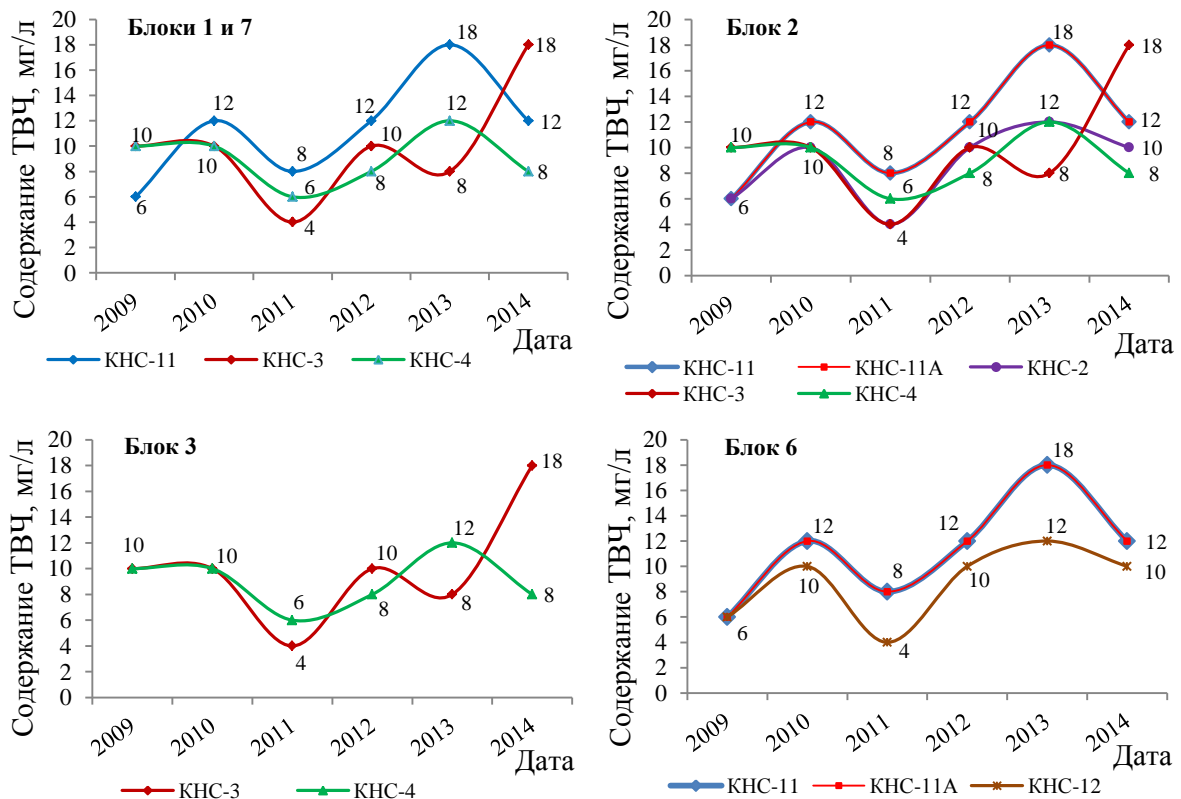
**Рис. 2. Динамика пластового давления по анализируемым блокам Миннибаевской площади**

Кроме этого, отмечено отсутствие (Рис. 3) необходимого уровня компенсации отбора жидкости закачкой (при норме в интервале от 80 до 120 процентов) для половины участков по исследуемым блокам.



**Рис. 3. Динамика компенсации отбора жидкости закачкой по исследуемым блокам Миннибаевской площади**

Основными показателями, характеризующими качество сточной воды для ППД, являются содержание в ней нефти, ТВЧ – 12-48 мг/л по данным отбора проб - (Рис. 4, 5), а также их размеры.



**Рис. 4. Динамика качества сточной воды содержанию ТВЧ**

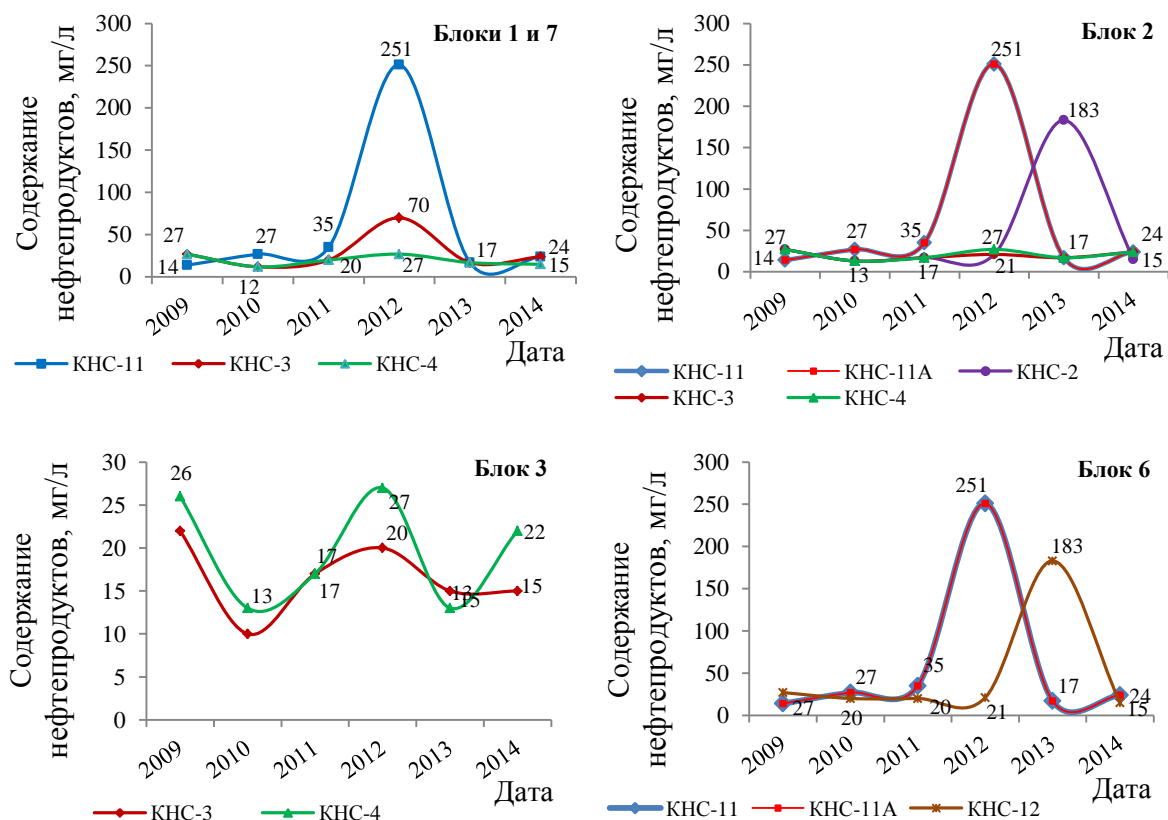


Рис. 5. Динамика качества сточной воды содержанию нефтепродуктов

Оценка размеров частиц взвесей в закачиваемой воде выполнена на основании лабораторных исследований гранулометрического состава частиц, проведенных в лаборатории кафедры РиЭНГМ АГНИ на приборе «ГРАН 152.1» и микроскопе «Leica DM750». Результаты исследований показали (Рис. 6, 7), что преимущественно взвешенные частицы, присутствующие в закачиваемой воде, имеют размеры от 10 до 25 мкм, также имеются частицы размером от 25 до 50 мкм.

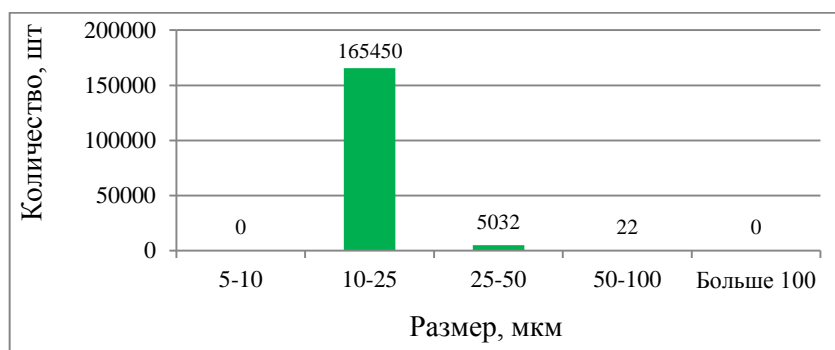
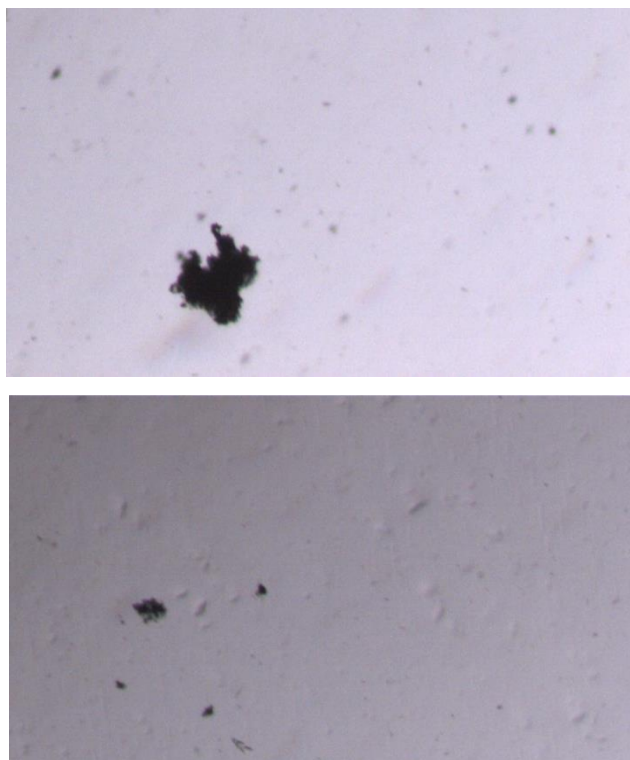


Рис. 6. Результаты исследования гранулометрического состава ТВЧ в сточной воде на приборе «ГРАН 152.1»



*Рис. 7. Результаты исследования сточной воды на микроскопе «Leica DM750»*

С целью выработки рекомендаций по возможности подачи соответствующего качества воды в различные по коллекторским свойствам пласты, была оценена необходимая степень очистки воды перед её закачкой в продуктивные пласты по методике, изложенной в [1], в зависимости от сочетаний пористости и проницаемости по пластам.

Результаты расчетов (Табл. 1) показали, что закачиваемая вода по суммарному количеству загрязняющих частиц по анализируемым блокам не соответствует требованиям фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пластов [3], что может в дальнейшем привести к их существенному снижению.

По данным расчетов также очевидно, что объемная концентрация загрязняющих частиц всех видов в воде перед закачкой ее в пласт должна быть снижена на 96-99 %. Был сделан вывод, что для заводнения низко-, средне- и высокопроницаемых пластов, вскрытых скважинами анализируемых КНС, не может применяться вода одинакового качества (по КВЧ и их размерам).

Таблица 1

**Результаты расчета необходимого качества воды в соответствии с  
коллекторскими свойствами вскрытых пластов [3]**

№ блока	Закачиваемый агент	Качество воды по промышленным данным, мг/л		Группа качества по проницаемости	Необходимое качество воды по коллекторским свойствам	
		ТВЧ	н/продукты		допустимое содержание загрязнений, мг/л	размер загрязнений, мкм
1,7	сточная вода	12	24	1	2,2	0,2-0,5
				2	8,3	0,7-0,9
				3	15,8	1,3-2,2
3	сточная вода	18	15	1	6,6	0,6-0,8
				2	11,2	0,8-1,1
				3	21	11,5-13,4
	пластовая вода (МСП)	28	39	1	9,5	0,4-5,9
6	сточная вода	12	24	1	0,8	0,2-1,3
				2	1	0,4-0,7
				3	1,2	0,4-0,8
	пластовая вода (МСП)	48	15	1	1	0,2-1
				2	1,1	0,8-0,82
				3	1,2	0,83-0,88
2	сточная вода	12	24	1	9,7	0,4-2,2
				2	13,1	0,7-2,5
				3	14,8	0,5-1,5
	пластовая вода (МСП)	8	17	1	3,7	2,5
				2	4,6	1,5

Для повышения эффективности закачки рабочего агента на участках Миннибаевской площади с низким пластовым давлением авторами работы рекомендован [3] следующий комплекс ГТМ с учетом накопленного опыта применения в промышленных условиях (Табл. 2):

1. Обеспечение дифференцирования качества воды для заводнения пластов, вскрытых скважинами анализируемых КНС, по низко, средне- и высокопроницаемым пластам, имеющим разные размеры порового пространства. Для этих целей необходима установка соответствующих фильтрующих устройств, тип которых может быть обоснован при

- проведении стендовых и опытно-промысловых испытаний
2. Группирование скважин по коллекторским свойствам пластов, использование индивидуальных насосов для адресной закачки воды необходимого качества в выделенные группы скважин, а также использование дожимных насосов на БГ при необходимости увеличения давления закачки (участок скважины 1490\* – 2 блок).
  3. Применение промывок забоя с последующим проведением ОПЗ или ГРП (участки скважин 2031\*, 954\* – 2 блок).
  4. Применение промывок забоя с последующим перестрелом пласта при необходимости (участки скважин 1495\*, 2060\* – 2 блок).
  5. При наличии гидродинамической связи между пластами рекомендован подбор добывающих скважин с низкими пластовыми давлениями в качестве кандидатов для освоения под закачку с последующим внедрением ОРЗ (участок скважины 1495\* – 2 блок).

Таблица 2

**Мероприятия, проведенные на нагнетательном фонде скважин  
Миннибаевской площади**

Мероприятия	Успешность	Пластовое давление, атм	
		до	после
1. Перестрел пласта	90%	100	125
2. Промывка забоя с последующей ОПЗ	88%	121	130
3. ОПЗ	81%	114	149
4. Промывка забоя	80%	123	140
5. Зарезка БС	80%	117	150
6. УККМ	73%	111	134
7. Внедрение ОРЗ	73%	116	140
8. ГРП	65%	116	135
9. Освоение под закачку	63%	127	135

По результатам данной работы отмечено, что увеличение приемистости нагнетательных скважин не всегда эффективно влияет на добывающие скважины, снижая дебит по нефти и, увеличивая обводненность добываемой продукции, а применяемые методы ОПЗ не позволяют обеспечить необходимый профиль приемистости.



Пористость и проницаемость пластов объектов девона Миннибаевской площади характеризуются крайней неоднородностью, в связи с чем, нефть не может быть вытеснена из участков низкой проницаемости, особенно, если путь закачиваемой воде преграждают зоны пласта, кольматированные частицами, находящимися в ней. Исходя из этого, отмечено существование проблемы постепенного засорения фильтрующей поверхности пласта механическими примесями, солями, дисперсными частицами, приносимыми водой, продуктами распада самого пласта, а также продуктами коррозии, срывааемыми потоком воды при движении по водоводам и НКТ.

#### Список литературы

1. Тронов, В.П., Очистка вод различных типов для использования в системе ППД [Текст] / Тронов, А.В. // – Казань: издательство «Фэн». – 2001– 560 с.
2. Звягин, Г.А. Исследование источников загрязнения и технологии обработок нагнетательных скважин [Текст] / П.М. Южанинов, А.И. Дзюбенко // Нефтепромысловое дело. – 1982. - №11. - С.46.
3. Захарова Е.Ф., Леванова Е.В., Саяхов В.А. и др. Отчет по выполнению нормативно-технологических услуг по договору № 11-15 по теме «Разработка комплексных мероприятий по повышению эффективности закачки на участках отбора с низкими пластовыми давлениями», – Изд-во АГНИ. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2015, 128 с.

#### References

1. Tronov V.P., Tronov A.V. *Ochistka vod razlichnykh tipov dlya ispolzovaniya v sisteme PPD* [Treatment of different types of water to be used in formation pressure maintenance system]. Kazan: Fen Publ., 2001. 560 p. (in Russian)
2. Zvyagin G.A., Yuzhaninov P.M., Dzyubenko A.I. *Issledovanie istochnikov zagryazneniya i tekhnologii obrabotok nagnetatelnykh skvazhin* [Research into contamination sources and technologies of well treatment]. *Neftepromyslovoye Delo*, No. 11, 1982. p. 46 (in Russian)
3. Zakharova E.F., Levanova E.V., Sayakhov V.A. et al. *Otchet po vypolneniyu normativno-tekhnologicheskikh uslug po dogovoru No. 11-15 po teme "Razrabotka kompleksnykh meropriyatiy po povysheniyu effektivnosti zakachki na uchastkakh otbora s nizkimi plastovymi davleniyami"* [Report on completion of technological services in compliance with Agreement No. 11-15 on development of program to improve efficiency of water injection in low-pressure reservoir intervals]. Almeteyevsk: Almeteyevsk State Oil Institute (ASOI) Publ., 2015, 128 p. (in Russian)

### **Сведения об авторах**

*Захарова Елена Федоровна*, к.т.н., доцент, кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Альметьевский государственный нефтяной институт  
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2  
E-mail: zakharovaef@yandex.ru

*Леванова Евгения Васильевна*, к.т.н., доцент, кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Альметьевский государственный нефтяной институт  
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2  
E-mail: evgeniyalevanova@rambler.ru

*Саяхов Вадим Аликович*, к.т.н., кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Альметьевский государственный нефтяной институт  
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, 2  
E-mail: sayakhoff@mail.ru

### **Authors**

*E.F. Zakharova*, Ph.D., associate professor, department of «Development and exploitation of oil and gas fields», Almeteyevsk State Oil Institute  
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation  
E-mail: zakharovaef@yandex.ru

*E.V. Levanova*, Ph.D., associate professor, department of «Development and exploitation of oil and gas fields», Almeteyevsk State Oil Institute  
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation  
E-mail: evgeniyalevanova@rambler.ru

*V.A. Sayakhov*, Ph.D., department of «Development and exploitation of oil and gas fields», Almeteyevsk State Oil Institute  
2, Lenin st., Almeteyevsk, 423450, Russian Federation  
E-mail: sayakhoff@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 06.11.2020  
Принята к публикации 13.03.2021  
Опубликована 30.03.2021*