

УДК 622.276.06

**Оценка эффективности выравнивания профилей приемистости в
нагнетательных скважинах нефтяного месторождения
индикаторным методом**

М. С. Хозяинов¹, Д. А. Чернокожев¹, К. И. Кузнецова².

¹ Государственный университет "Дубна", г. Дубна (Россия)

² Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Дубна

E-mail: mail@uni-dubna.ru

Аннотация. Приведены результаты индикаторных (трассерных) исследований по контролю за мероприятиями по выравниванию профиля приемистости нагнетательных скважин на двух месторождениях. Анализ результатов фильтрации закачиваемой воды по высокопроницаемым прослоям до и после проведения мероприятий позволяет количественно оценить их эффективность. Оценивается распределение массы индикатора между добывающими скважинами, объемы высокопроницаемых прослоев по каждой паре скважин, объемы фильтрующейся воды также по каждой паре скважин.

Ключевые слова: разработка нефтяных месторождений заводнением, индикаторные (трассерные) исследования, контроль за геолого-технологическими мероприятиями.

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы являлась оценка эффективности проведения мероприятий по выравниванию профилей приемистости (ВПП) в нагнетательных скважинах. ВПП подразумевает закачку в нефтяной пласт химических веществ для снижения проницаемости высокопроницаемых прослоев (ВП) [1]. Для этого индикаторные исследования проводились в два этапа: до проведения ВПП и после проведения мероприятий (Таблица 1).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ 1

На опытном участке пластов А1, А2 месторождения Опытное1 под закачку индикатора были определены нагнетательные скважины 480. Отбор проб осуществлялся в течении 90 суток с устьев 15 эксплуатационных скважин. Схемы закачки и отбора проб с устьев добывающих скважин представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1. Месторождение Опытное1. Параметры закачки меченых веществ.

Скв.	Индикатор	Концентрация, кг/м ³	Объем закачки, м ³	Масса, кг
480 (1 закачка)	ТНФ	60	10	600
480 (2 закачка)	родамин-С	5	5	25

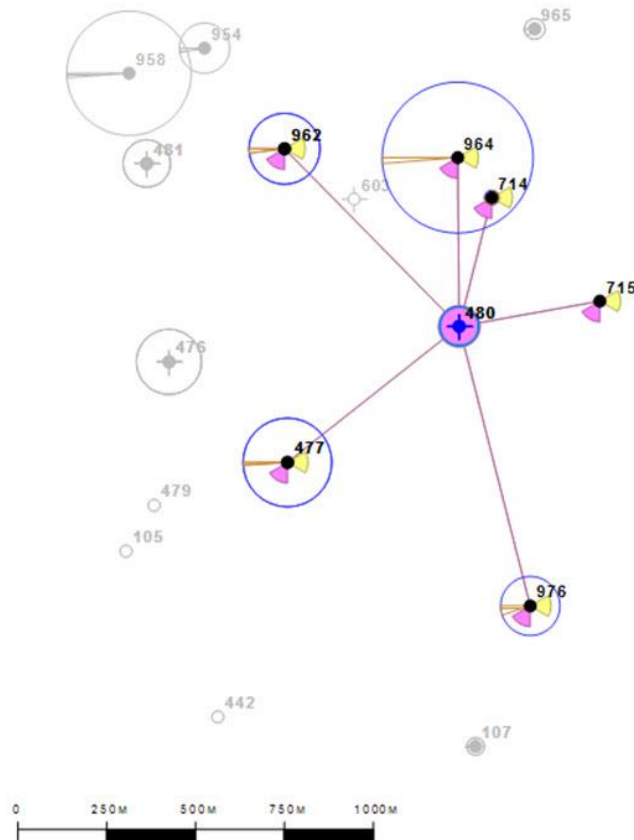


Рисунок 1. Схема закачки и отбора проб (нагнетательная скважина 480).

Для нагнетательной скважины 480 и ее добывающего окружения, с помощью специального программного обеспечения [2], были рассчитаны различные параметры по двум закачкам (до проведения ВПП и после) и

проведено сравнение результатов. По данным индикаторных исследований, были построены следующие зависимости за весь период исследований: карты направления и доли нагнетаемой воды в область ВП по результатам 1-ой (фиолетовый цвет) и 2-ой (желтый цвет) закачек (Рисунок 2), объемы ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек (Рисунок 3), производительность ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек (Рисунок 4), изменение суммарного процента нагнетаемой воды в область ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек (Рисунок 5), сравнительная диаграмма изменения производительности ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек (Рисунок 6).

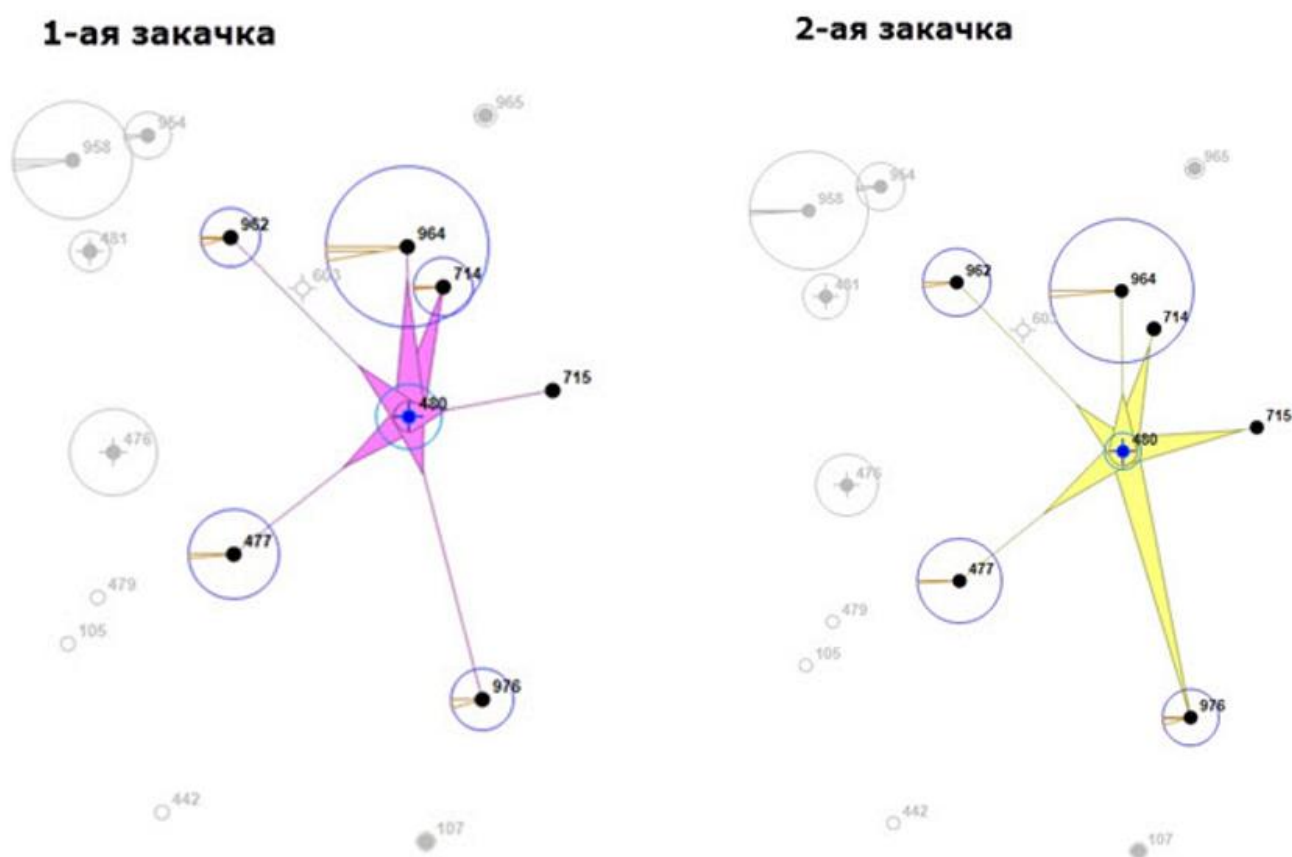


Рисунок 2. Карты направления и доли нагнетаемой воды в область ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек

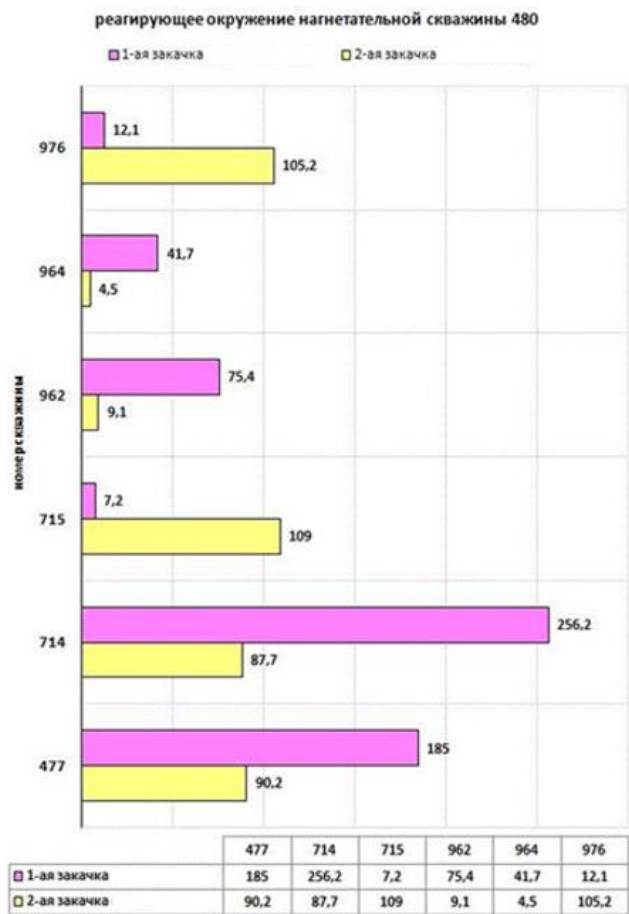


Рисунок 3. Объемы ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек

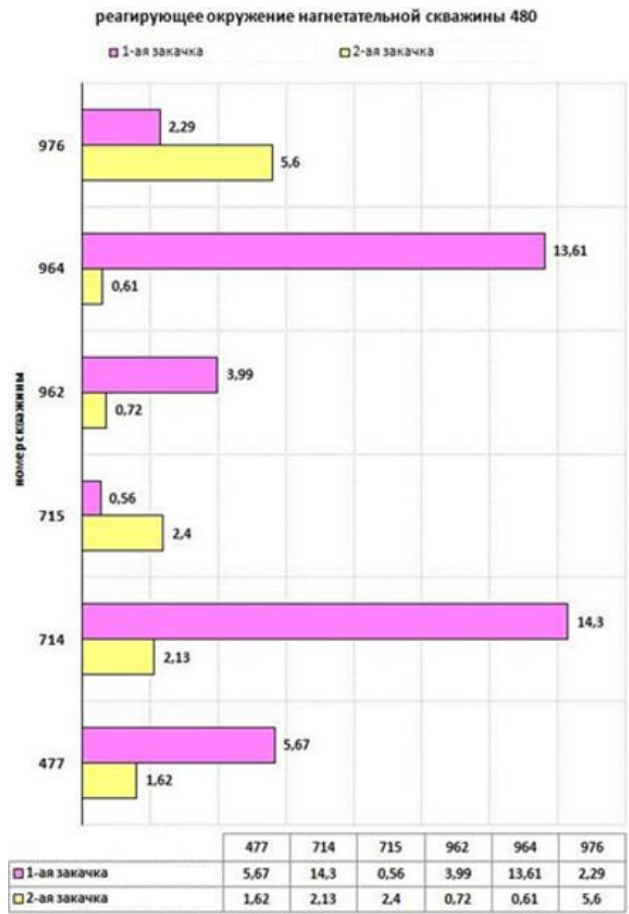


Рисунок 4. Производительность ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек



Рисунок 5. Изменение суммарного процента нагнетаемой воды в скв. 480.

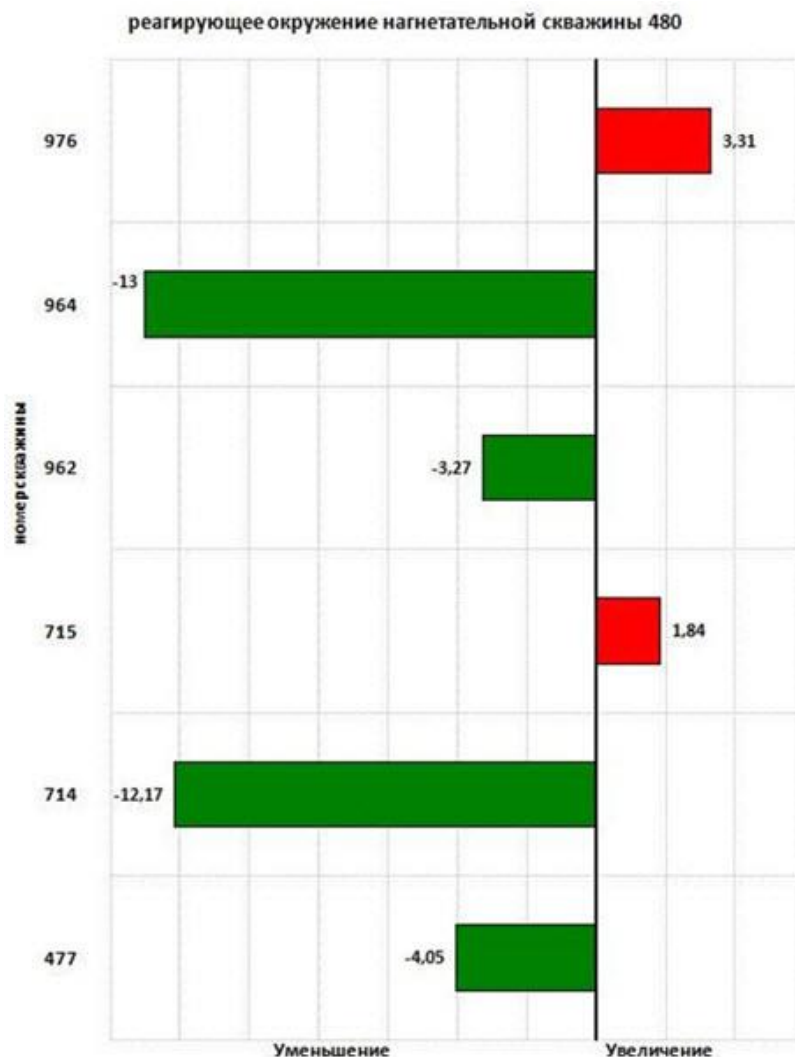


Рисунок 6. Сравнительная диаграмма изменения производительности ВП по результатам 1-ой и 2-ой закачек (зеленое – положительный результат, снижение приемистости, красное – отрицательный результат, увеличение приемистости).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов индикаторных исследований на участке нагнетательной скважины 480 показал следующее. По результатам первой закачки (до ВПП) индикатор от нагнетательной скважины 480 перемещается в направлении добывающих скважин 714, 964, 477 и 962 в объемах соответственно ~35,4%, ~33,7%, ~14% и ~9,9%. Обводненность по ВП для скважины 714 составляет

~8,2%. Наибольший объем ВП выявлен для межскважинного пространства нагнетательной скважины 480 и добывающей 714 и составляет ~256,2 м³. Наибольшая производительность ВП получена для межскважинного пространства 480 – 714 и составляет ~14,3 м³/сут. Всего в область ВП пласта А1, А2 скважиной 480 закачивается ~40,4 м³/сут, что составляет ~8,2% от общей приемистости скважины 480 пласта А1, А2.

После второй закачки (после ВПП) индикатор от нагнетательной скважины 480 перемещается в направлении добывающих скважин 976, 715, 714 и 477, соответственно ~42,8%, ~18,4%, ~16,3% и ~12,3%. Сильнее всего по каналам ВП от 480 нагнетательной скважины обводняются 714 и 715 добывающие скважины ~12,1% и ~12% соответственно. Наибольший объем ВП выявлен для межскважинного пространства нагнетательной скважины 480 и добывающей 715 и составляет ~109 м³. Наибольшая производительность ВП получена для межскважинного пространства 480 – 715 и составляет ~5,6 м³/сут. Всего в область ВП пласта А1, А2 скважиной 480 закачивается ~13,10 м³/сут, что составляет ~2,2% от общей приемистости скважины 480 пласта А1, А2. По результатам индикаторных исследований на участке с нагнетательной скважиной 480 отмечено существенное уменьшение процента нагнетаемой воды в область ВП с 8.2% по результатам 1-ой закачки до 2.2% по результатам 2-ой закачки. Отмечается также значимое увеличение производительности ВП в межскважинном пространстве нагнетательной скважины 480 и добывающих 715, 976 и значимое уменьшение производительности ВП в межскважинном пространстве нагнетательной скважины 480 и добывающих 477, 714, 962, 964. В целом на участке с нагнетательной скважиной 480 произошло существенное перераспределение фильтрационных потоков в области ВП и по результатам индикаторных исследований можно сделать следующие выводы. По результатам 1-ой закачки на участке нагнетательной скважины 480 и добывающего окружения существовала система ВП определенной направленности, которая оказывала существенное, но не критическое, влияние на опережающее

обводнение добывающих скважин, и, в первую очередь, на добывающие скважины 714, 964. По результатам 2-ой закачки установлено, что в межскважинном пространстве нагнетательной скважины 480 и окружающих добывающих скважин пласт охвачен процессом вытеснения достаточно равномерно, т.е. влияние системы ВП на опережающее обводнение добывающих скважин незначительно.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ 2

Приведем еще один пример решения подобной задачи. Закачка индикаторов на месторождении Опытное2 осуществлялась через устья 6 нагнетательных скважин — 102, 105, 109, 117ST, 206 и 207 (Таблица 2). Отбор проб производился с устьев 12 скважин: 10, 14, 25, 35, 101, 108, 110, 116ST, 121, 122, 202, 212.

Таблица 2. Месторождение Опытное2. Параметры закачки меченых веществ.

Скв.	Индикатор	Время закачки	Объем закачки, м3	Масса, кг
109 (1 закачка)	изопропанол	19:30	0,6	480
109 (2 закачка)	пиранин	21:55	5	20
206 (1 закачка)	нитрат аммония	12:10	8	950
206 (2 закачка)	тринатрийфосфат	16:25	8	945
207 (1 закачка)	бутанол	18:10	0,6	480
207 (2 закачка)	изобутанол	17:00	0,6	480

На рисунке 7 представлена карта направлений фильтрационных потоков в области ВП от нагнетательных скважин 109, 206, 207 по результатам двух закачек. На рисунке 8 приведено перераспределение извлеченного индикатора в добывающих скважинах от нагнетательных скважин по результатам двух закачек — А) для нагнетательной скважины 109, Б) для нагнетательной скважины 206, В) для нагнетательной скважины 207.

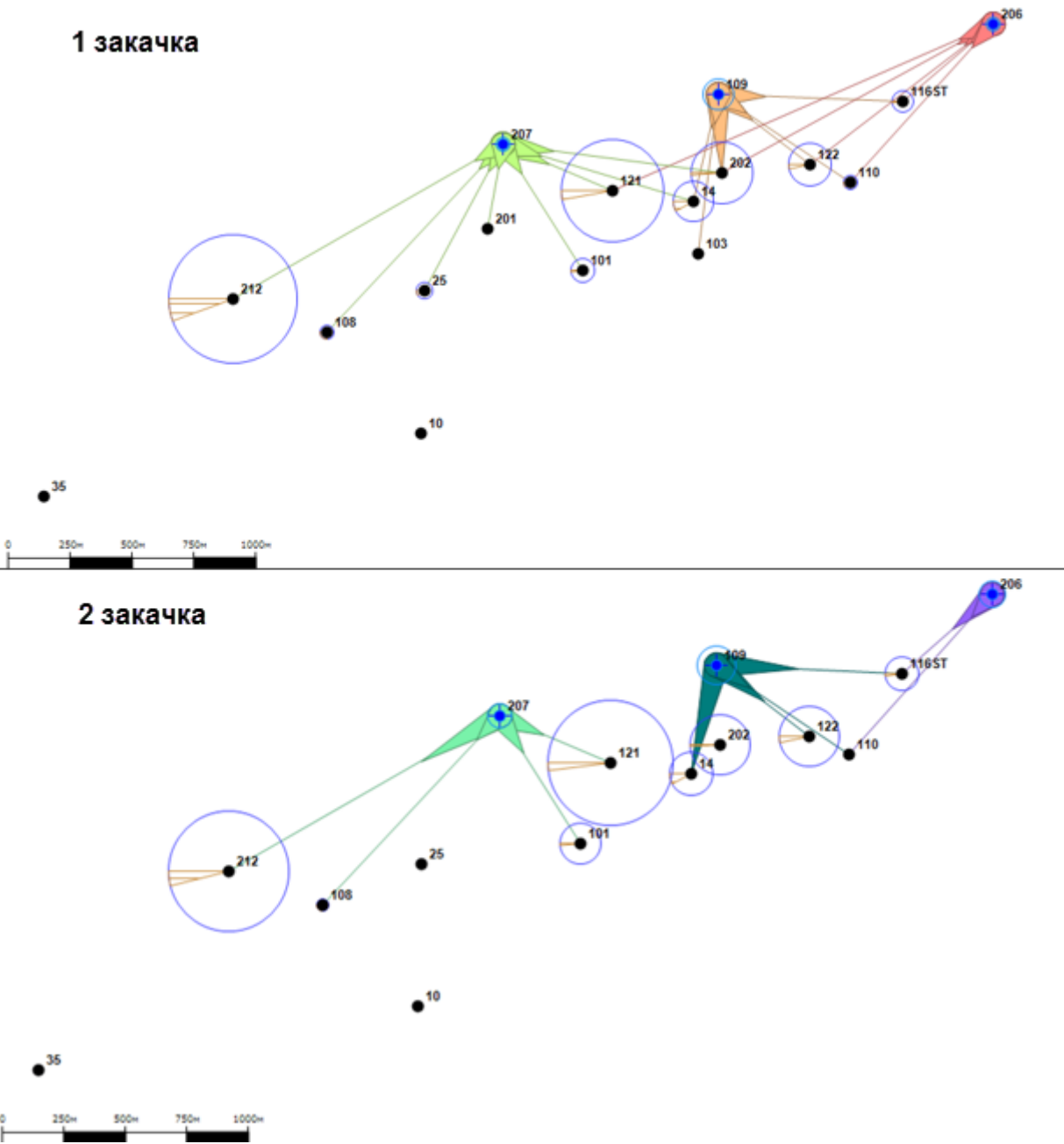


Рисунок 7. Карта направлений фильтрационных потоков в области ВП от нагнетательных скважин 109, 206, 207 по результатам двух закачек.

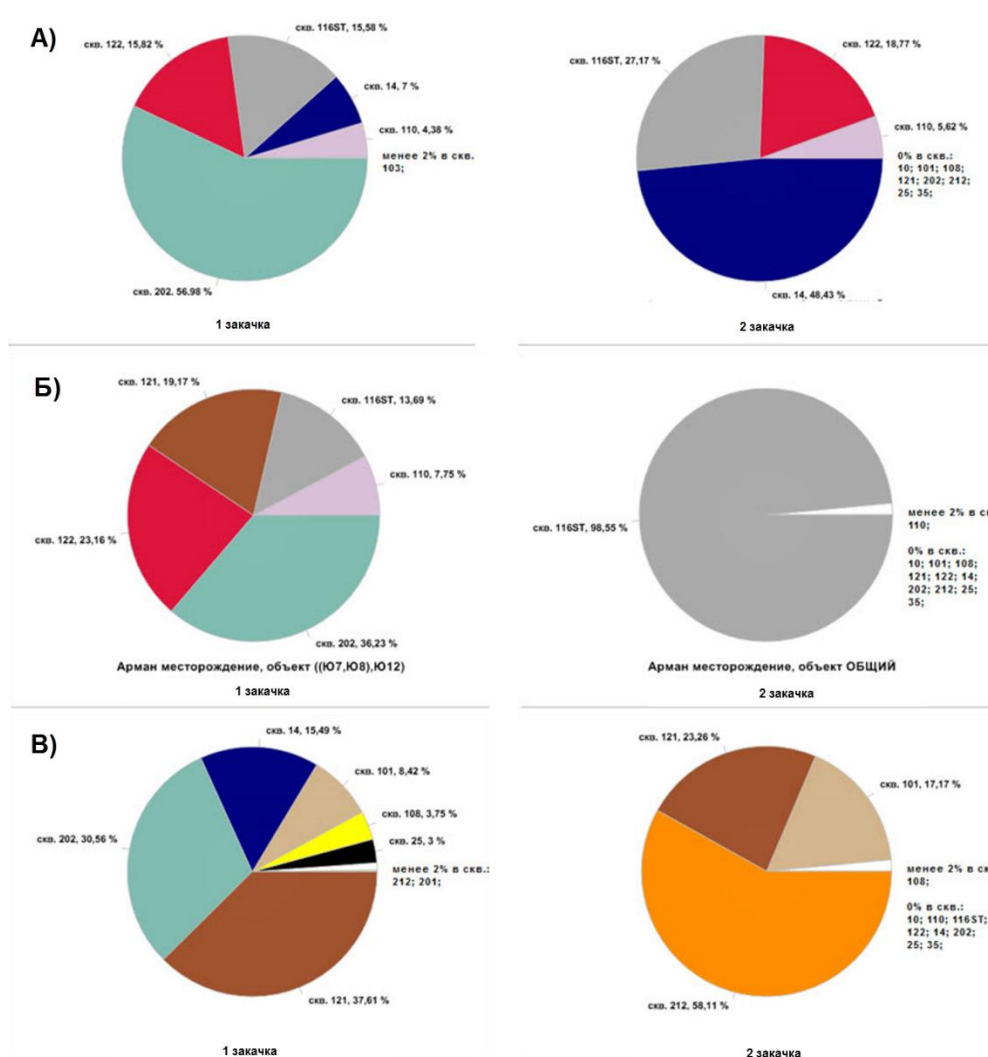


Рисунок 8. Перераспределение извлеченного индикатора в добывающих скважинах от нагнетательных скважин по результатам двух закачек — А) для нагнетательной скважины 109, Б) для нагнетательной скважины 206, В) для нагнетательной скважины 207

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов индикаторных исследований до воздействия (1-я закачка) и после воздействия (2-я закачка) показал перераспределение фильтрационных потоков и изменения производительности ВП в целом по II и III объектам разработки фильтрационных потоков в области ВП от нагнетательных скважин 109, 206, 207. По результатам двух закачек видно, что перераспределение фильтрационных потоков имеет положительный тренд, поскольку в межскважинном пространстве всех нагнетательных скважин (109,

206, 207) наблюдается уменьшение производительности ВП: по закачке в 109 скважину — на 31%; по закачке в 206 скважину — на 45%; по закачке в 207 скважину — на 46%. Наблюдается и уменьшение объемов ВП: от нагнетательной скважины 109: с 3813 м³ в 2017 году до 3303 м³ в 2018 году, от нагнетательной скважины 206: с 931 м³ в 2017 году до 335 м³ в 2018 году, от нагнетательной скважины 207: с 1689 м³ в 2017 году до 1528 м³ в 2018 году. Зарегистрировано существенное снижение средней скорости массопереноса индикаторов и снижение средней проницаемости ВП, что также говорит о перераспределении фильтрационных потоков, кольтматации высокопроницаемых порово-трещиноватых каналов в результате проведенных ВПП и вовлечении в выработку остаточных запасов слабодренлируемых зон пластов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные примеры показывают, что индикаторные исследования являются хорошим инструментом для оценки эффективности мероприятий по выравниванию профиля приемистости нагнетательных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интенсификация добычи нефти. - Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К.. М.: Наука – 2000 г. -. 414.с.
2. Программа для ЭВМ «Мантсгео индикатор 2020». - Св-во о регистрации №2020613469. 17.03.2020г.