

# РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 622.276

DOI:10.7242/echo.2023.4.13

## МНОВОВАРИАНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧАГОВОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАЛЕЖЕЙ С КАРБОНАТНЫМ ТИПОМ КОЛЛЕКТОРА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В.И. Воробьев<sup>1</sup>, Н.А. Князев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Лукойл-Пермь» г.Пермь

<sup>2</sup>Горный институт УрО РАН, г. Пермь

**Аннотация:** Разработка залежей на естественном режиме зачастую не способна обеспечить удовлетворительное энергетическое состояние. Для средних и крупных залежей энергия, которой обеспечивает водоносный горизонт, не способна компенсировать те отборы, которые являются оптимальными при выработке запасов нефти. В связи с этим на месторождениях с реализованной программой эксплуатационного бурения и находящихся на пике своей добыче или завершающей стадии целесообразно создание искусственной системы поддержания пластового давления. При этом от корректного проектирования данной системы во многом зависит общая эффективность разработки. В данной работе рассмотрены математические подходы по оптимизации существующей системы поддержания пластового давления на основе многовариантных расчетов на цифровой фильтрационной модели залежи.

**Ключевые слова:** фильтрационная модель, поддержание пластового давления, взаимовлияние скважин, матрица дренирования, заводнение, гидродинамическое моделирование.

### Введение

Основными задачами проектировщика является разработка и инженерный расчет такой системы поддержания пластового давления (ППД), которая обеспечит баланс между поддержанием энергетического состояния залежи и обводнением продукции скважин в соответствии с выработкой запасов нефти. Для решения данной задачи разработано множество математических, аналитических, статистических аппаратов [1], которые направлены на автоматизацию инженерных расчетов и снижение человеческого фактора [2]. Кроме того, для оптимизации работы нагнетательных скважин существует ряд промысловых исследований. Наиболее популярными методами являются трассирование и гидропрослушивание [3-4]. Результатом проведения данных исследований является численная оценка степени влияния целевой нагнетательной скважины на реагирующие добывающие. Однако применение данных исследований осложнено рядом факторов, так, при гидропрослушивании необходимо соблюдать режим тишины для дифференцирования эффекта от влияния разработки. Также высокая стоимость исследований и длительность проведения (при трассировании эффект может проявиться только через несколько лет) ограничивает их применимость.

К наиболее популярным и востребованным математическим аппаратам относится геолого-гидродинамическое моделирование [5]. Создание модели и проведение на ней расчетов является современным методом прогнозирования разработки и снижения всякого рода рисков. Фильтрационная модель представляет собой совокупность интегрированной в нее исходной информации, учитывающей геологическое строение залежи, физико-химические свойства флюидов, относительные фазовые проницаемости, фактические промысловые данные. Поэтому комплексиро-

вание имеющихся данных зачастую позволяет избежать ошибок, встречающихся в ручных расчетах.

В качестве объекта исследований рассматривается пласт Т-Фм Жилинского месторождения Пермского края. Залежь является массивной, представлена карбонатным типом коллектора. Средний коэффициент пористости составляет 9% при проницаемости 117 мД. Объект разрабатывается с 2014 года и находится на третьей стадии разработки, текущая обводненность составляет в районе 65-70%. Необходимо отметить, что на объекте сформирована система поддержания пластового давления очагового типа. Осложняющим фактором является значительная изменчивость фильтрационно-емкостных свойств и высокий коэффициент расчлененности – 15,1 единиц.

Для повышения эффективности разработки залежи предлагается оптимизация системы ППД на основе матрицы дренирования. На фильтрационной модели залежи выполнен расчет базового сценария разработки при текущих дебитах скважин и приемистостях. Матрица степени влияния нагнетательных скважин на добывающие построена на 20 лет прогнозного периода. Результаты построения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Матрица взаимовлияния скважин Жилинского месторождения

Добывающие	Нагнетательные					
	105	401	409	413	416	419
№ скважины						
403	0,05	0,03	0,00	0,67	0,16	0,00
404	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
407	0,38	0,22	0,33	0,33	0,00	0,00
415	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
418	0,19	0,16	0,15	0,00	0,00	1,00
501	0,00	0,06	0,00	0,00	0,84	0,00
502	0,05	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
408	0,00	0,22	0,52	0,00	0,00	0,00

На основе данной матрицы выделены группы скважин по очагам нагнетания. Каждая группа сформирована таким образом, что в нее входит одна нагнетательная скважина и все добывающие скважины, на которые она оказала влияние. В дальнейших расчетах для чистоты эксперимента использовано аналогичное распределение на группы. По каждой группе выполнен анализ работы очага нагнетания.

В результате расчетов за 20 лет прогнозного периода по базовому сценарию наибольшей обводненностью характеризуется очаг скважины № 416, наименьшей – очаг скважины № 419. Распределение обводненности по очагам представлено на рисунке 1.

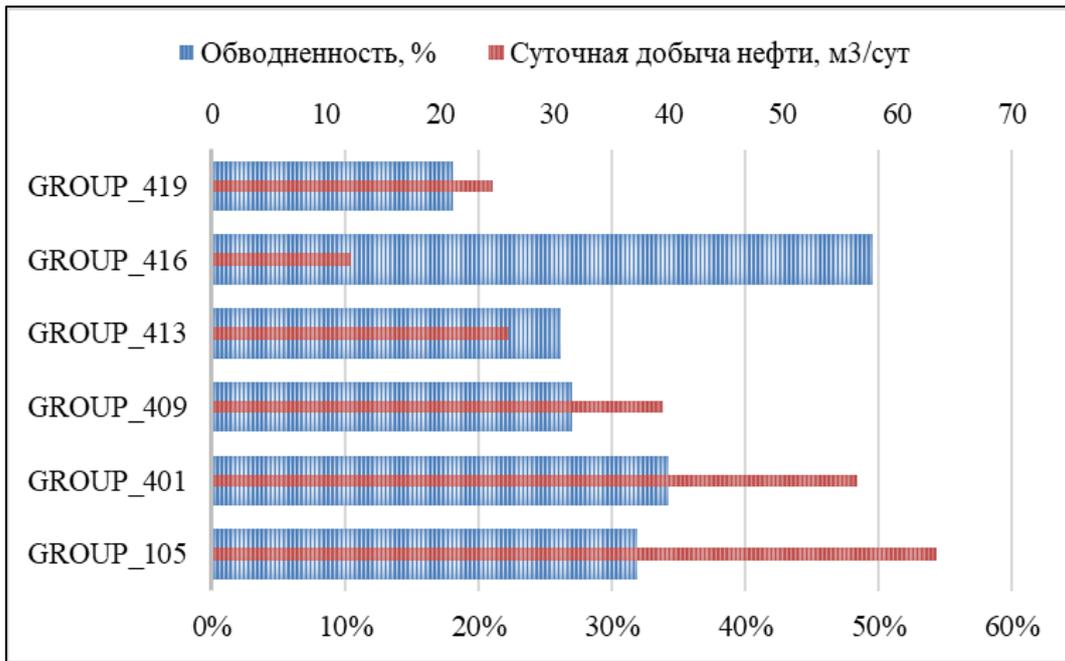


Рис. 1. Показатели разработки по группам скважин за 20 лет прогноза

При этом необходимо дифференцировать характер обводнения групп скважин, так как некоторые реагирующие скважины могут иметь низкий коэффициент влияния, но при этом иметь значительный уровень обводненности от законтурной области. Для этого построена сопоставительная диаграмма компенсации отборов закачки и обводненности по каждой группе скважин (рисунок 2).

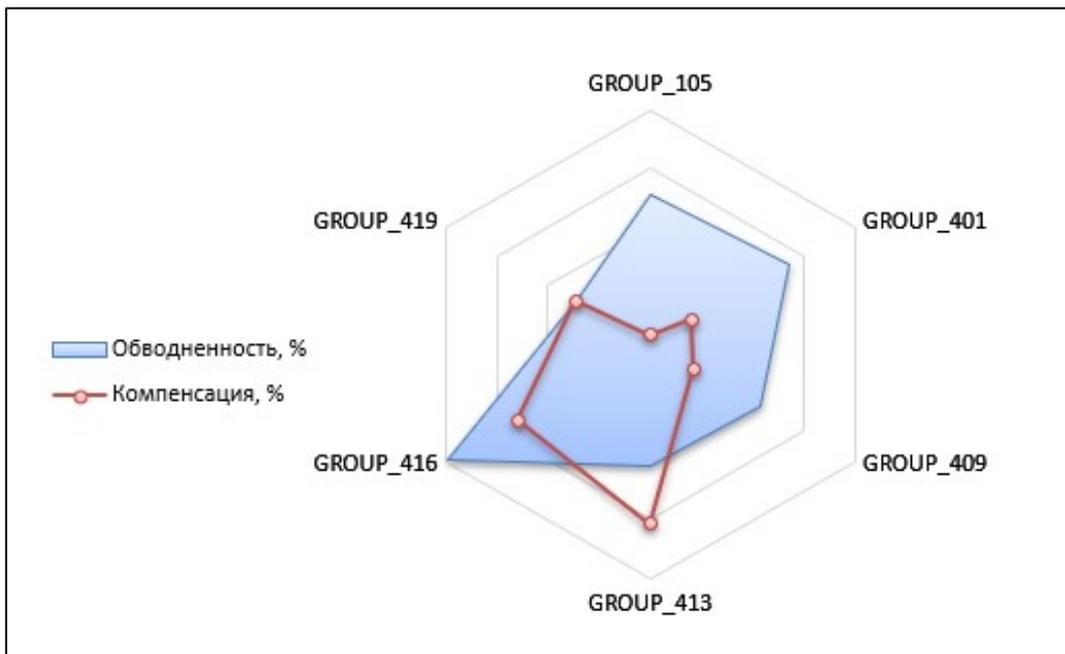


Рис. 2. Диаграмма сопоставления обводненности и компенсации отборов закачкой

На основе матрицы взаимовлияния скважин и анализа построенных диаграмм возможна разработка рекомендаций по оптимизации режимов работы нагнетательного фонда. Очаг скважины № 413 характеризуется низкой обводненностью, добы-

вающие скважины имеют значительный потенциал, а риск обводнения пластовой водой низкий. В связи с этим увеличение объемов закачки может положительно сказаться на дебитах добывающих скважин. Очаги скважин №№ 105, 401, 409 характеризуются низкой компенсацией и обводненностью в 25-35% (предположительно пластовой водой). Повышение объемов закачки может повлиять как в положительную сторону за счет перераспределения фильтрационных потоков в пласте, так и в отрицательную из-за прорыва закачиваемой воды к забоям добывающих скважин. Очаг скважины № 416 обводнен более всего, в связи с этим необходимо сокращение объемов закачки. Для подтверждения или опровержения выдвинутых предположений выполнены многовариантные оптимизационные расчеты с отклонением объемов закачки относительно базового сценария. На рисунках 3-5 представлены сопоставительные диаграммы зависимости накопленной добычи нефти от изменения режимов работы нагнетательных скважин, полученные по результатам многовариантного моделирования.

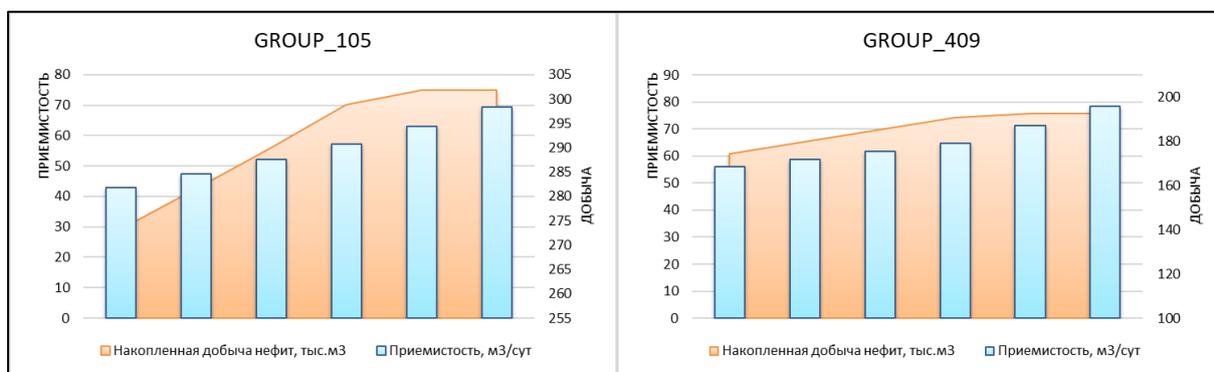


Рис. 3. Диаграмма зависимости накопленной добычи нефти от приемистости по очагам скважин №105 и №409

Выдвинутые ранее предположения подтверждаются гидродинамическими расчетами. При этом стоит отметить, что повышение приемистости по скважине № 105 целесообразно проводить не более, чем до 60-65 м³/сут. При дальнейшем повышении может возникнуть риск преждевременного обводнения продукции скважины.

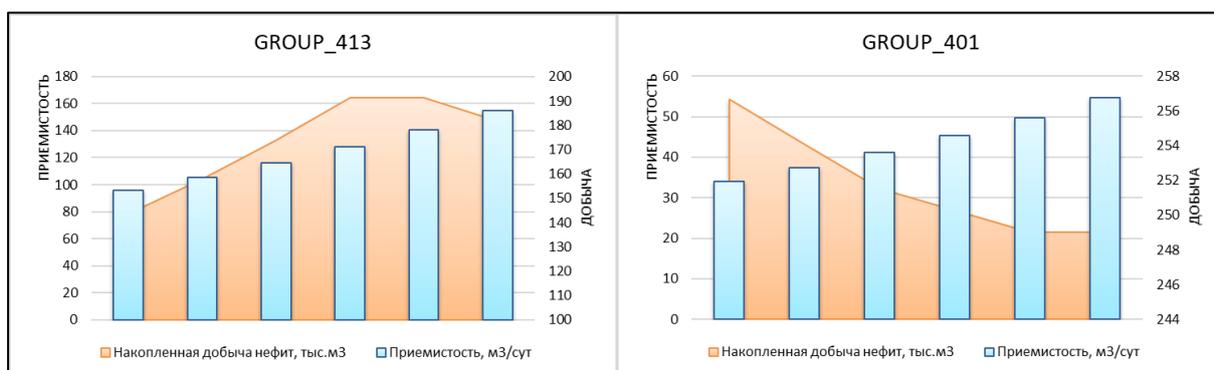


Рис. 4. Диаграмма зависимости накопленной добычи нефти от приемистости по очагам скважин № 413 и № 401

По очагу скважины № 401 наблюдается обратная зависимость, при увеличении закачки значительными темпами растет обводненность добывающих скважин. В связи с

этим при дальнейшей эксплуатации необходимо принимать во внимание повышенную гидродинамическую связь между нагнетательной и добывающими скважинами. Очаг скважины № 413 имеет потенциал повышения добычи нефти за счет увеличения компенсации.

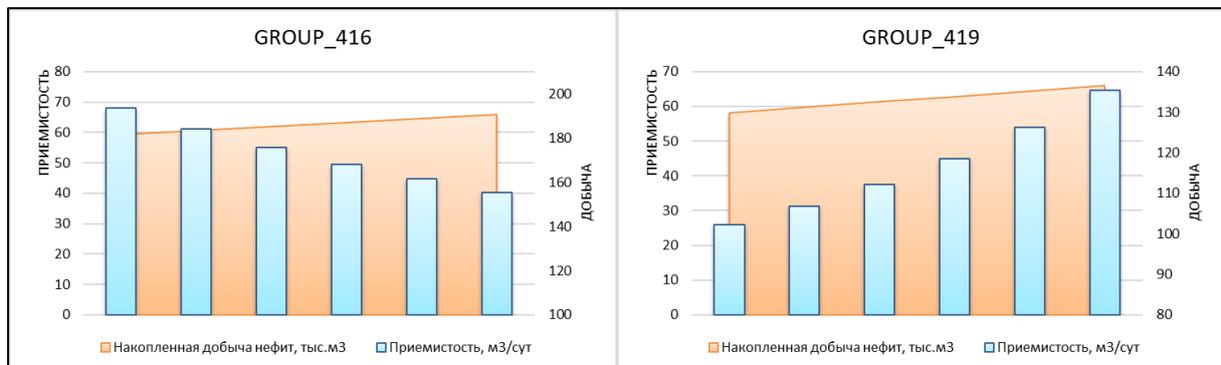


Рис. 5. Диаграмма зависимости накопленной добычи нефти от приемистости по очагам скважин № 416 и № 419

Согласно расчетам по скважинам №№ 416 и 419 изменение объемов закачки незначительно сказывается на добывающие скважины, исходя из чего можно сделать вывод, что текущий режим оптимален для поддержания энергетического состояния в зоне выработки запасов. Кроме того, в соответствии с матрицей взаимовлияния скважина № 419 оказывает воздействие на единственную добывающую скважину.

### Заключение

По результатам работы выполнено многовариантное моделирование прогнозных сценариев разработки пласта Т-Фм Жилинского месторождения Пермского края с оптимизацией режимов работы нагнетательных скважин. На основе матрицы взаимовлияния скважин и анализа работы групп скважин по очагам нагнетания выдвинуты предложения и рекомендации по оптимизации системы поддержания пластового давления. Представленные рекомендации верифицированы при прогнозировании сценариев на гидродинамическом симуляторе.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абабков К.В., Васильев В.М., Хисамутдинов Н.И., Сафиуллин И.Р., Шаисламов В.Ш. Экспресс-метод оценки степени взаимодействия скважин с использованием частотного анализа данных истории эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин // Нефтепромысловое дело. – 2014. – № 7. – С. 10-13.
2. Кузьменко А.С., Янакаев Р.Р. Регулирование технологического режима нагнетательных скважин с использованием аналитических моделей // Нефтегазовое дело. – 2017. – Т.15, № 2. – С. 51-57.
3. Галиев Ф.Ф., Кривова Н.Р., Поняев С.В., Трофимов А.С. Трассерные исследования пластов группы «Ю» Коттынской площади // Вестник недропользователя ХМАО. – 2007. – № 18. – С. 44-46.
4. Кобяшев А.В., Волков В.А. Изучение строения пласта с использованием гидропрослушивания на примере сузунского месторождения // Нефть, Газ, Новации. – 2016. – № 2. – С. 38-41.
5. Степанов С.В., Соколов С.В., Ручкин А.А., Степанов А.В., Князев А.В., Корытков А.В. Проблематика оценки взаимовлияния добывающих и нагнетательных скважин на основе математического моделирования // Вестн. Тюменского гос. ун-та. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 146-164. – DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-146-164.