

**АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИНЫ НА
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В КОМПЛЕКСЕ С МУЛЬТИСКВАЖИННЫМ
РЕТРОСПЕКТИВНЫМ ТЕСТОМ**

Рахматуллин Р.Р.

Научный руководитель старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геолого-гидродинамическое моделирование фильтрации в нефтяных пластах применяется как при регулировании разработки, так и при ее контроле и проектировании. Наиболее информативными в изучении межскважинных свойств пласта являются гидродинамические исследования методом восстановления давления и методом гидропрослушивания, однако недропользователи не спешат активно использовать данные методы исследования. В данной статье рассматривается возможность комплексного совмещения классических методов гидродинамических исследований скважины (ГДИС) и мультискважинного ретроспективного теста (МРТ), основанного на математическом моделировании состояния пласта посредством истории работы скважин, приуроченных к одному объекту разработки [2, 3].

При анализе математической основы ГДИС, а именно уравнения пьезопроводности, допускаются положения, которые напрямую могут повлиять на погрешности полученных данных, что в свою очередь добавляет неопределенность. При анализе динамического потока предполагается, что исследуемый коллектор однороден и обладает изотропными свойствами (теория сплошности сред), флюид однофазный и имеет малую сжимаемость, а влияние сил тяжести игнорируется (применение уравнения пьезопроводности для давления, а не для потенциала), также предполагается, что свойства флюида не зависят от давления. Следовательно, при изменении кривизны профиля давления в положительную сторону будет наблюдаться локальный рост давления, в отрицательную сторону – локальное уменьшение, а скорость изменения давления в любом направлении пропорциональна этой кривизне. Это лишь один пример возникающей неопределенности, которая напрямую влияет на результаты интерпретации.

Зависимость от средневзвешенных по пласту проницаемости и вязкости при том, что измерение основных параметров ведется на забое лишь одной скважины, говорит о том, что основной принцип гидродинамических исследований заключается в комплексном снижении погрешности узлов в системе «пласт – призабойная зона – забой-термоманометрическая система – затрубное пространство – устьевое оборудование – программное обеспечение интерпретации данных – математический аппарат интерпретации – человеческий фактор». Погрешности возникают и при проведении исследований непосредственно на скважине в силу технических сложностей.

Однако ГДИС по сей день являются эталоном, как наиболее проработанный метод получения информации о состоянии разработки и используется в рамках проекта интегрированного моделирования при построении гидродинамических моделей объекта разработки.

В качестве модификации гидродинамических исследований скважины и пласта имеется возможность рассмотреть математический аппарат мультискважинного ретроспективного теста (МРТ), в основе которого лежит деконволюция. Деконволюция – операция, позволяющая вычлнить определенную реакцию из исторических данных, которая описывает отклик на смену режима соседних скважин и самой исследуемой скважины, и вычлнить необходимые параметры традиционными способами [1].

Математический аппарат МРТ имеет возможность адаптивно вычлнять из массы данных наиболее подходящую реакцию с погрешностью около 5 % [4].

Анализ методов ГДИС и МРТ позволяет определить недостатки каждого из методов (таблица).

Таблица

Недостатки методов ГДИС и МДКВ

Недостатки гидропрослушивания	Недостатки ГДИС	Недостатки МДКВ
Анизотропия пласта	Нехватка временных ресурсов для точного диагностирования границ пласты	Для точного диагностирования влияния соседних скважин, в самих соседних скважинах должны быть возмущающие изменения
Сдвиг временной фазы, который не всегда проявляется явным образом	Сложности реализации процедуры, остановка скважины	Сложности расчетов при многопластовой системе на месторождении
Длительные простои скважины	Погрешность вычисления производной Бурде	При нарушении линейности движения флюида в пласте метод недостоверен
Технологическая сложность	Невозможность долгосрочного прогнозирования	Скин-фактор не должен меняться на протяжении интервала исследования
	Сложности при замерах на газовых скважинах, и нефтяных скважинах с высоким газовым фактором	Переходные характеристики не должны меняться с течением времени
	Совокупная недостоверность методов интерпретации результатов ГДИС	Чем больше скважин в исследовании, тем более трудоемкие расчеты и тем больше погрешностей
	Неявное определение перетоков при одновременно-раздельной эксплуатации	При нарушении линейности движения флюида в пласте метод не работает

Есть возможность частичной интеграции аппарата МРТ, а именно кросс-скважинной деконволюции и радиальной деконволюции в комплекс гидродинамических исследований. При применении МРТ происходит вычленение влияния соседних скважин (очистки измеренных параметров от посторонних шумов) эти параметры потенциально могут использоваться и при интерпретации результатов гидродинамических исследований тем самым снижая совокупную погрешность. Структура комплексного подхода к проведению исследований представлена на рисунке 1.



Рис. Структура комплексного подхода исследования параметров объекта разработки (ГДИС – гидродинамические исследования скважины; МРТ – мультискважинный ретроспективный тест; ТМСП – термоманометрическая система погружная)

Именно комплексное исследование должно быть ситуативным, в зависимости от состояния месторождения и типа месторождения.

Если рассматривать МРТ, то данное исследование наиболее эффективно на нефтяных месторождениях с малым газовым фактором, где не нарушается линейность движения жидкости по пласту. В данной ситуации МРТ превосходит классические ГДИС на неустановившихся и на установившихся режимах, а гидропрослушивание стоит применять по необходимости по выборочной паре скважины лишь для подтверждения достоверности МРТ.

Если рассматривать нефтегазоконденсатные месторождения и нефтегазовые месторождения, то в данном случае превосходит МРТ теряется, поэтому ГДИС и гидропрослушивание должно применяться преимущественно, а МРТ лишь для корректировки данных и доработки метода.

Во всех остальных случаях предпочтение должно отдаваться МРТ, а ГДИС и гидропрослушивание должно применяться для определения достоверности в соответствии со схемой на рисунке.

Литература

1. Гуляев Д.Н., Батманова О.В. Импульсно-кодовое гидропрослушивание и алгоритмы мультискважинной деконволюции – новые технологии определения свойств пластов в межскважинном пространстве // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2017. № 4. С. 26–32.
2. Крыганов П.В., Афанаскин И.В., Вольпин С.Г. Применение мультискважинной деконволюции при решении обратной задачи подземной гидродинамики // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2019 - № 3(13). – С. 45-50.
3. Рахматуллин, Р.Р. Анализ применения метода мультискважинной деконволюции с целью выявления межскважинного взаимодействия / Р. Р. Рахматуллин, Ю. Н. Орлова // Актуальные проблемы научного знания. Новые технологии ТЭК-2020: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Сургут, 27 ноября 2020 года / Отв. редактор С.Н. Нагаева. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 33-36.
4. Рахматуллин, Р. Р. Анализ межскважинного взаимодействия на нефтяных месторождениях с помощью метода мультискважинной деконволюции / Р. Р. Рахматуллин // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 05–09 апреля 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 115-117.