

# АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МНОГОПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Салаватова Р.Ш.

*НИПИ «Гипроморнефтегаз» ГНКАР, г.Баку*

При разработке многопластовых месторождений углеводородов одним из основных подходов к анализу процесса нефтегазодобычи является рассмотрение эксплуатационных объектов как единого целого. Процесс нефтегазодобычи, при данном подходе, определяется наличием комплекса взаимодействующих и взаимосвязанных процессов, изучение которых позволяет оценить степень самоорганизации и устойчивости пластовой системы [1].

Следует также отметить, что значительные трудности возникают при долгосрочном прогнозировании технологических показателей разработки, так как необходимо учитывать множество параметров, что не всегда возможно на практике, особенно в месторождениях приуроченных к неоднородным коллекторам. Это предопределяет применение модельных представлений для описания динамики процессов нефтегазодобычи.

Данный подход дает возможность более обоснованно производить процедуры долгосрочного прогнозирования и принимать решения по изменению стратегии и тактики разработки с учетом динамики взаимодействия рассматриваемых эксплуатационных объектов, что позволяет повысить эффективность разработки многопластовых месторождений.

Степень выработки нефтяных пластов в процессе разработки и пути продвижения и фильтрации жидкости обычно определяют по результатам гидродинамических и геофизических исследований. Однако, зачастую сложные условия процессов нефтегазодобычи, ограниченность проводимых исследований и недостаточная геолого-промысловая информация, не позволяет получить однозначные и определенные ответы на вопросы, связанные с динамикой изменения водонефтяных потоков. По этой причине важное значение имеют косвенные методы динамического анализа промысловых данных, позволяющие с достаточной степенью надежности осуществлять диагностирование текущего состояния разработки, как по отдельным объектам, так и в целом по залежи.

С этой целью используется подход к управлению и контролю за разработкой месторождения, основанный на кибернетических принципах анализа и интерпретации геолого-промысловой информации, получаемой в процессе освоения и разработки нефтегазовых месторождений.

Методика динамического анализа включает в себя следующую последовательность процедур:

- выявление характерных особенностей взаимодействия между эксплуатационными объектами;
- диагностирование характерных особенностей в их разработке;
- принятие решений по выбору стратегии разработки с учетом комплекса взаимодействующих и взаимосвязанных процессов нефтедобычи.

Традиционный подход к организации работы систем отбора предполагает проведение комплекса гидродинамических исследований. Сложность проведения таких исследований, а также значительные объемы проводимых на промыслах

мероприятий, как правило, не позволяют иметь необходимый для проведения анализа и расчетов оперативный информационный массив.

В связи с этим, используются методы математической статистики, дающие возможность принятия решений по ограниченному объему текущей геолого-промысловой информации, основу которых составляют дебиты нефти, воды и объемы закачиваемой жидкости в процессах заводнения [2].

В процессе анализа геолого-промысловой информации и при принятии решений по рациональной организации систем отбора-нагнетания перечисленные диагностирующие критерии используются в комплексе. При этом выделяются следующие группы критериев:

- для определения степени взаимодействия объектов и текущего состояния разработки,

- для анализа технологических особенностей работы эксплуатационных объектов.

Отличительной особенностью этого подхода является возможность совершенствования системы разработки на основе выявления характерных особенностей развития пластовых систем в процессе их разработки. Такой подход необходим при регулировании процессов нестационарных отборов и гидродинамического воздействия на залежь.

Многочисленные геофизические и геолого-промысловые исследования свидетельствуют о наличии перетоков флюидов в продуктивных объектах многопластовых месторождений углеводородов. Причинами указанного являются особенности геологического строения, проявление начальных градиентов давления и эффектов неравновесности при фильтрации многофазных потоков и т.п.

Существующие методы выявления таких эффектов, включающие в себя гидропрослушивание, закачку меченых жидкостей, анализ в сопоставлении дебитов скважин не позволяют одновременно оценивать воздействие всей совокупности скважин рассматриваемого объекта с позиции единой системы взаимодействующих элементов.

Применяемый способ лишен отмеченного недостатка, так как позволяет установить степень взаимовлияния для любого количества объектов на рассматриваемый промежуток времени. Здесь в качестве исходного информационного массива используются временные ряды дебитов жидкости, нефти, воды и водного воздействия по согласованности изменений которых определяется степень взаимодействия эксплуатационных объектов.

Назначение объектов для регулирования нестационарных отборов определяется посредством учета характерных особенностей и переходных состояний процесса нефтедобычи, присущих конкретным объектам и пластовой системе в целом.

Для оценки степени взаимодействия эксплуатационных объектов в работе применяется коэффициент ранговой корреляции Спирмена, когда абсолютные значения анализируемых параметров заменяются величинами соответствующих им рангов, широко применяемый в задачах нефтегазодобычи [2].

Это позволяет повысить надежность результатов анализа геолого-промысловой информации, обусловленную рассмотрением последней, не как количественных оценок, а как тенденции их изменения.

Критерием оценки степени связи между анализируемыми параметрами по

значениям коэффициентов корреляции служит значение показателя его значимости.

Процедура расчета для установления степени взаимодействия между скважинами производится в следующей последовательности:

1. Рассчитываются парные коэффициенты ранговой корреляции  $r_s$ , между технологическими показателями горизонтов многопластового месторождения на определенный период времени.
2. На основе показателя значимости коэффициента ранговой корреляции определяется степень взаимодействия горизонтов.
3. Эксплуатационные объекты разбиваются по взаимодействующим группам.
4. Принятие решений по регулированию процесса «отбор-закачка» в целом по месторождению с учетом характера взаимодействия.

Так как один и тот же эксплуатационный объект может взаимодействовать с ниже- и вышележащим объектом (объектами) необходимо использование множественных коэффициентов корреляции.

При взаимодействии нескольких объектов, для анализа парных связей между  $i$ -м и  $j$ -м объектами в линейных системах обычно используется частный коэффициент корреляции  $r_{ij,m}$  ( $m = i, j$ ), позволяющий исключить влияние остальных элементов системы. Множественный коэффициент корреляции  $r_{i,m}$  ( $m = i$ ), выражает степень связи между одной величиной и всеми остальными и изменение его характеризует изменение степени совокупного влияния на изучаемую величину всех других величин.

Без дополнительного анализа множественные коэффициенты корреляции не могут быть использованы для количественной оценки степени гидродинамического взаимодействия объектов, а носят качественный характер и позволяют определить основные тенденции взаимодействия, установить характер развития процесса нефтедобычи и выбрать пути регулирования воздействия на пласт.

В основу анализа были взяты временные ряды отборов и закачки по горизонтам в отдельности.

Множественный коэффициент корреляции  $i$ -ой скважины с учетом ее взаимодействия с  $m$  объектов определяется из следующего соотношения [3]:

$$r_{i,m} = (1 - R / R_{ii})^{1/2}, \quad (1)$$

где  $R_{ii}$  - минор  $i$ -го элемента корреляционной матрицы;  
 $R$  - определитель корреляционной матрицы

$$R = \det[r_{ij}] \begin{vmatrix} 1 & r_{12} & \dots & \dots & r_{1n} \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & \dots & r_{in} \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (2)$$

Определение парных коэффициентов множественной корреляции двух объектов  $i$  и  $j$  с учетом их взаимодействия с другими объектами рассматриваемой группы из  $m$  объектов производится по следующей формуле:

$$r_{ij,m} = R_{ij} / (R_{ii} R_{jj})^{1/2}. \quad (3)$$

В качестве анализируемых объектов были рассмотрены показатели разработки горизонтов Балаханской свиты месторождения «Гум-дениз» (Азербайджан).

В результате расчетов установлены характерные особенности

взаимодействия между объектами.

В качестве примера рассмотрим разработку 8 горизонта Балаханской свиты месторождения «Гум-дениз» и его взаимодействие с ниже- (9 горизонт) и вышележащим (7 горизонт) объектами (рис.1).

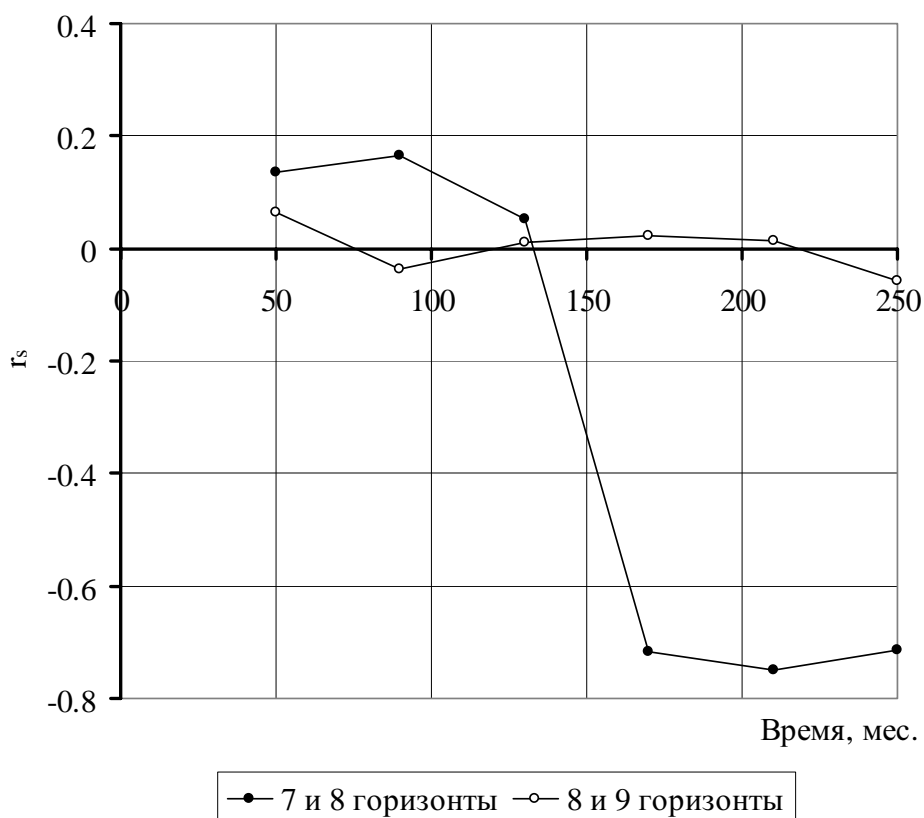


Рис.1. Динамика коэффициента ранговой корреляции.

Как следует из полученных результатов, здесь наблюдается изменение значения коэффициента корреляции в зависимости от рассматриваемого промежутка времени. При этом в период до 130 месяца анализируемого интервала времени разработки не наблюдается взаимодействие между рассматриваемыми объектами (7 и 8 горизонты), что позволяет рассматривать их в данный период времени как самостоятельные объекты. По мере развития процесса разработки происходит неравномерное изменение состояния пластовых систем, что привело к появлению перетоков между объектами, что и отразилось на значении коэффициента корреляции. Так, в период времени после 130 месяца анализируемого интервала времени разработки значение коэффициента корреляции существенно увеличивается и на 170 месяц составляет порядка -0,72, что позволяет рассматривать их разработку как единого объекта. Отрицательное значение коэффициента ранговой корреляции указывает на то, что увеличение отбора нефти по одному горизонту приводит к его уменьшению на другом горизонте.

Аналогичный анализ проведенный для горизонтов 8 и 9 позволил определить, что в процессе разработки не наблюдаются периоды взаимосвязанной работы и их можно рассматривать как самостоятельные объекты.

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами расчетов коэффициента множественной корреляции. Так, если в период до 130 месяца значение коэффициента множественной корреляции составляло 0,12, то в последующий период времени оно составило -0,85.

Для подтверждения достоверности полученных выводов была рассмотрена динамика темпов роста отборов по рассматриваемым горизонтам на основе применения экспоненциальной модели вида

$$y=A + Be^{-at}, \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $a$  - коэффициенты модели.

При этом коэффициент  $a$  характеризует темп роста отборов.

На рис. 2 проиллюстрирована динамика показателя темпов роста отбора нефти по 7 и 8 горизонтам в период времени их взаимодействия.

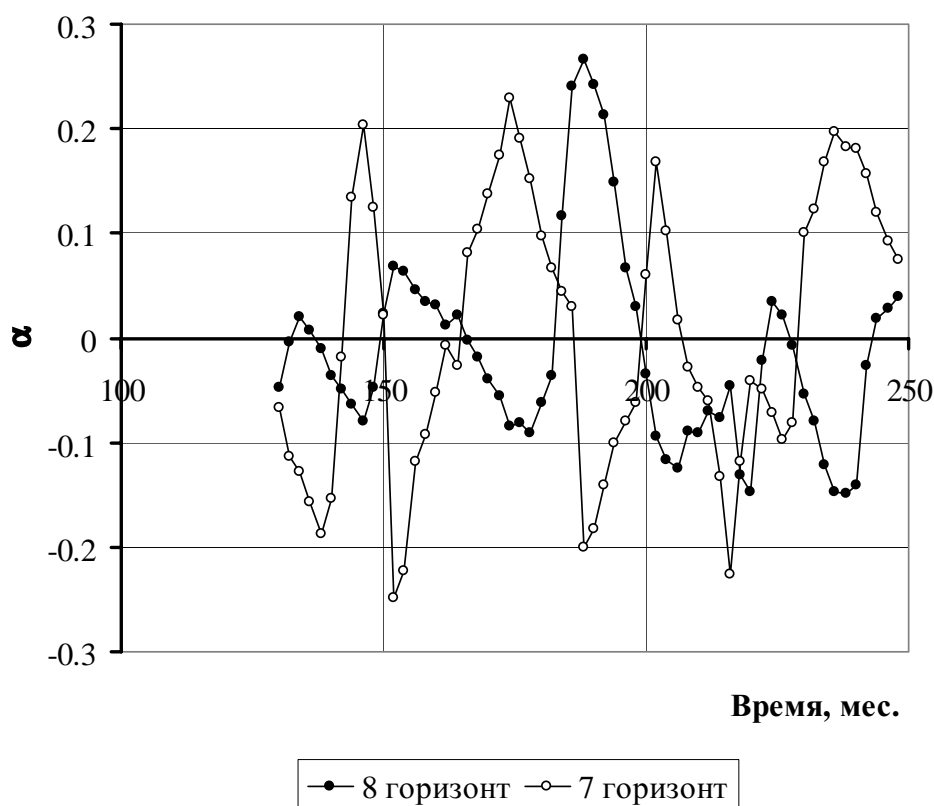


Рис.2. Динамика темпов роста отборов нефти.

Как видно из представленных зависимостей здесь наблюдается асинхронность темпов отбора, т.е. увеличение темпов роста отборов по одному горизонту приводит к его уменьшению на другом горизонте. Это свидетельствует о взаимосвязанности процесса нефтедобычи между горизонтами, что позволяет рассматривать их как единый объект в данный период времени.

В то же время сравнение темпов роста отборов нефти по 8 и 9 горизонтам указывает на самостоятельность процессов нефтедобычи по данным объектам и свидетельствует об отсутствии взаимодействия между ними (рис. 3).

Таким образом, проведенный анализ технологических показателей разработки неоднородных многопластовых месторождений на основе применения

методов ранговой и множественной корреляции, а также оценки динамики темпов отбора флюидов с использованием экспоненциальной модели позволил выявить наличие характерных особенностей взаимодействия эксплуатационных объектов.

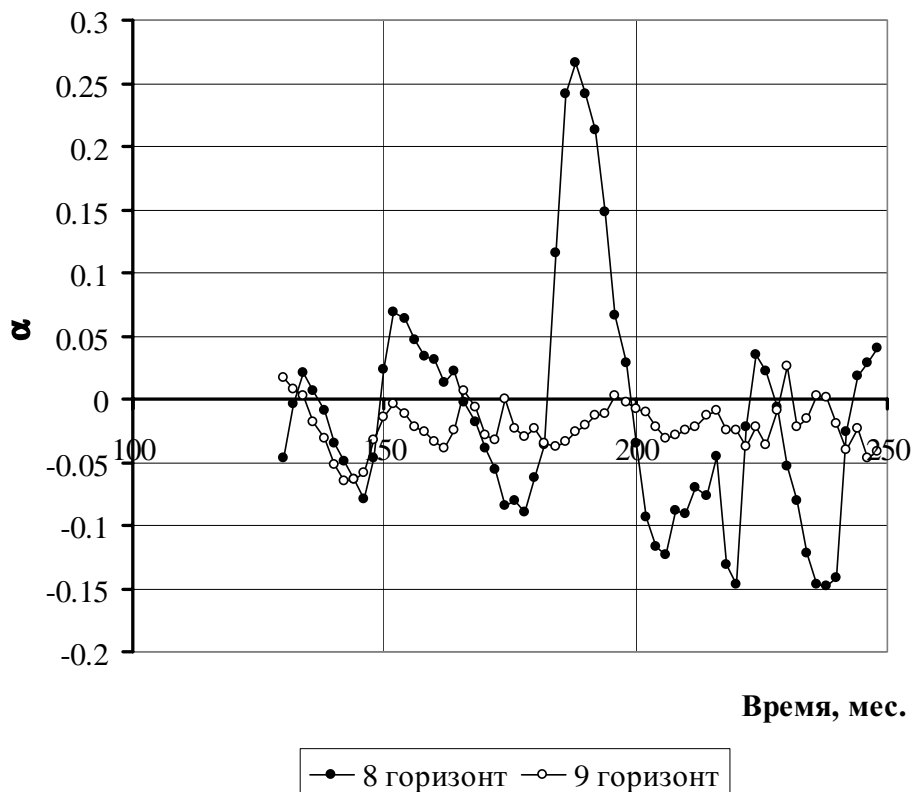


Рис.3. Динамика темпов роста отборов нефти.

На основании проведенных исследований была определена возможность объединения целого ряда горизонтов в единый эксплуатационный объект, что дало возможность оценить прогнозные значения извлекаемых объемов углеводородов.

Данный подход дает возможность более обоснованно производить процедуры долгосрочного прогнозирования и принимать решения по изменению стратегии и тактики разработки с учетом динамики взаимодействия рассматриваемых эксплуатационных объектов, что позволяет повысить эффективность разработки многопластовых месторождений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. Нелинейность, неравновесность, неоднородность. – Уфа : Гилем, 1999. – 464с.
2. Мирзаджанзаде А.Х., Алиев Н.А., Юсифзаде Х.Б. и др. Фрагменты разработки морских нефтегазовых месторождений. – Баку: издательство «Елм», 1997. – 408 с.
3. Мирзаджанзаде А.Х., Степанова Г.С. Математическая теория эксперимента в добыче нефти и газа. – М.: Недра, 1977. – 229 с.