

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ ЗАВОДНЕНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАСТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**С.А. Сытникова**

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

*Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Большинство нефтяных месторождений в России эксплуатируются с использованием заводнения, обеспечивающего поддержание высоких темпов извлечения нефти. Его основными направлениями регулирования являются: повышение эффективности выработки низкопроницаемых пропластков, извлечение нефти из удаленных и застойных зон, а также изменение направлений фильтрационных потоков и увеличение воздействием коэффициентом охвата пласта, однако энергетическая сбалансированность вмешательства отодвигается на второстепенный план и принимается, как побочный отрицательный или положительный фактор.

Поэтому, как никогда актуально решение проблемы регулирования энергетических характеристик продуктивных пластов, а именно пластового давления, которое является одним из важнейших факторов, определяющих энергетические возможности продуктивного пласта, путем выделения зон недокомпенсации и перекомпенсации для повышения выработки запасов нефти при регулировании закачки воды и отборов нефти.

Компенсация отбора жидкости в пластовых условиях закачкой воды в пласт – есть отношение объемов закачанной воды, накопленной на определенную дату, к жидкости, отобранной в пластовых условиях, характеризующие суммарное восполнение пластовой энергии по отдельному пласту или эксплуатационному объекту.

Для оценки степени компенсации отборов жидкостей и поддержания пластового давления закачкой устанавливается понятие коэффициента компенсации.

Коэффициент текущей компенсации равен отношению дебита нагнетаемой воды к дебиту отбираемых жидкостей, приведенных к пластовым условиям за единицу времени (часы, сутки, месяц, год и т.д.). Этот коэффициент показывает, насколько скомпенсирован отбор закачкой в данный момент времени. Если коэффициент текущей компенсации больше единицы, значит, закачка превышает отбор, и давление в пласте будет расти. Если же коэффициент текущей компенсации меньше единицы, закачка отстает от отбора, значит, стоит ожидать уменьшение пластового давления. В этом случае отмечается низкая эффективность закачки, и в нагнетательных скважинах предполагается наличие либо внутрпластовых перетоков, либо прорывов подошвенных и краевых вод. При коэффициенте текущей компенсации равном единице будет наблюдаться стабилизация текущего пластового давления на существующем уровне, независимо от того, каким он был в начале разработки.

Коэффициентом накопленной компенсации является отношение суммарного количества воды, закачанной в пласт от начала закачки до данного момента времени к суммарному количеству отобранной из пласта нефти и воды, приведенных к пластовым условиям, а также суммарным утечкам за время нагнетания в течение всей эксплуатации залежи, включая отбор жидкости разведочными скважинами. При этом, если коэффициент накопленной компенсации меньше единицы, текущее пластовое давление меньше первоначального, так как закачка не скомпенсировала суммарный отбор. При снижении пластового давления и недостатке закачки, рекомендуется снизить темпы отборов в добывающих скважинах и постепенно повышать объемы закачки, по возможности увеличить охват закачкой, а так же провести обработку призабойной зоны пласта и физико-химические методы увеличения нефтеотдачи нагнетательных скважин. Если же коэффициент накопленной компенсации больше единицы, текущее пластовое давление превышает первоначальное, так как в пласт закачено жидкости больше, чем отобрано из него. При условии, что коэффициент накопленной компенсации равен единице, пластовое давление восстанавливается до начального пластового давления, так как закачка полностью компенсирует суммарный отбор жидкостей.

Из этого следует, что целевой уровень закачки и текущей компенсации определяется из условия предотвращения потерь добычи нефти вследствие снижения пластового давления в ходе дальнейшей эксплуатации.

Большое влияние на процент компенсации оказывает выбранная система заводнения и ее организация. Эффективно разрабатывать неоднородные низкопроницаемые терригенные коллектора Западной Сибири позволяет применение площадных систем заводнения. В первую очередь при проектировании систем заводнения разработки выбирается соотношения добывающих и нагнетательных скважин. Наиболее распространенными являются пяти-, семи- и девятиточечные обращенные системы разработки, при этом в девятиточечной системе на одну нагнетательную скважину приходится три добывающих. Но и это не позволяет в полной мере компенсировать отборы жидкости из пласта, что может привести к падению пластового давления и, как следствие, увеличению потерь добычи нефти. В свою очередь, усиление системы заводнения приводит не к росту нефтеотдачи, а к неравномерности закачки и преждевременному обводнению отдельных добывающих скважин, поэтому уменьшается экономическая эффективность проекта и образуются зоны перекомпенсации. Однако и зоны недокомпенсации несут отрицательный эффект, так как из-за неохвата заводнением значительной части нефтенасыщенных пропластков уменьшается коэффициент извлечения нефти.

На примере ПАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» показано, что большие объемы воды, закачиваемой в пласт, не оправдываются увеличением отборов жидкости. Данная оценка позволила выстроить блок-схему, которая отображает основные направления геолого-технических мероприятий для сбалансирования системы заводнения и отборов пластового флюида. В схеме собраны проблемные зоны недокомпенсации и перекомпенсации.

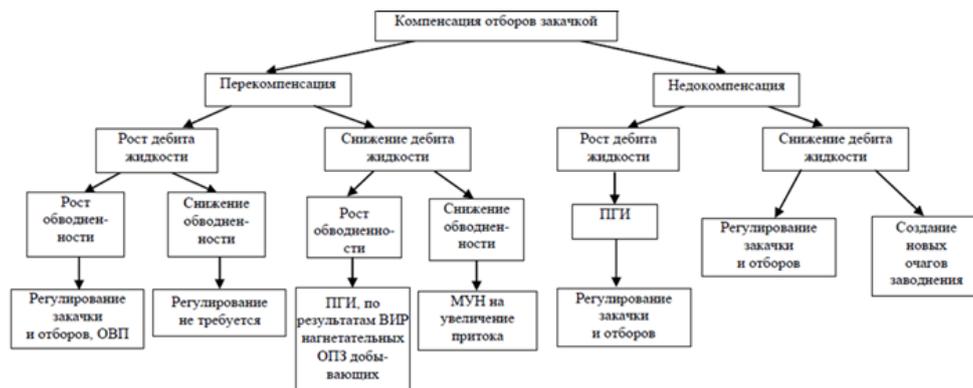


Рис. Блок-схема приоритетных мероприятий в областях перекомпенсации и недокомпенсации

Для оценки энергетического состояния пласта, с целью выделения зон с наибольшим снижением пластового давления, а также анализа динамики изменения давлений и определения их потерь в цепочке забой нагнетательных – забой добывающих скважин предлагается использовать: карту пластовых давлений; динамику пластовых и забойных давлений; динамику перепада давлений между забоями нагнетательных и добывающих скважин, а также ряд методов, которые позволяют детализировать и расширить анализ влияния систем заводнения на энергетическое состояние пласта.

#### 1. Метод группировки скважин «нагнетательная – реагирующие добывающие»

Данный метод позволяет сформировывать группы скважин по типу «нагнетательная – реагирующие добывающие» в соответствии с их взаимным расположением по площади залежи.

Применимость метода ограничивается площадными системами разработки с регулярной сеткой скважин, так как на рядных системах и системах с неупорядоченным расположением скважин возникает вероятность распространения окружности на скважины, которые находятся через два и более очага заводнения, поэтому между такими скважинами гидродинамическая связь маловероятна.

#### 2. Метод распределения закачки по площади залежи

Метод позволяет оценить уровень компенсации отборов закачкой по каждой скважине, которая участвует в добыче. Сопоставление данного параметра с технологическими показателями работы позволяет сделать рекомендации, в виде поскважинной программы геолого-технических мероприятий, по воздействию как на добывающие, так и на нагнетательные скважины, для повышения эффективности реализуемой системы заводнения.

В методе распределения закачки по площади залежи учитывается влияние пяти факторов:

- объемный фактор, который учитывает изменения объема жидкости в пласте и воронки депрессии;
- пространственный фактор, который учитывает взаимное расположение всех реагирующих добывающих скважин относительно влияющей нагнетательной, и зависит от расстояния между нагнетательной и реагирующими добывающими скважинами;
- структурный фактор, который основывается на абсолютной отметке залегания пласта, и учитывает взаимное расположение всех реагирующих добывающих скважин относительно влияющей нагнетательной по глубине;
- мощностной фактор, который основывается на толщинах пласта, учитывает объемы, по которым происходит фильтрация воды от нагнетательной скважины к добывающим;
- проницаемостный фактор, который учитывает проводимости коллекторов.

Всем этим факторам присвоен вес, наряду с проведенным регрессионным анализом, при этом полученные значения могут изменяться в зависимости от месторождения, объекта и пласта.

С применением всех вышеперечисленных методов, можно произвести детальный анализ реализуемой системы заводнения и описать степень воздействия закачки на показатели работы скважины.

Таким образом, оптимизацию и регулирование системы заводнения нефтяной залежи невозможно провести без анализа разработки объекта месторождения, которое включает в себя оценку энергетического состояния пласта и расчет параметра компенсации отборов жидкости закачкой для действующего фонда скважин. Представленная методика предполагает регулирования заводнения по зависимости компенсации от давления. Комплексирование данного анализа с результатами оценки энергетических характеристик пласта позволяет выявить проблемные участки и повысить точность их выбора для применения адресных мероприятий, направленных на оптимизацию применяемой системы заводнения.

#### Литература

1. Анкудинов А.А. Совершенствование методов анализа системы заводнения и повышения эффективности закачки воды в нефтяной пласт: Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук/ Анкудинов А.А. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 114 с.
2. Компенсационное регулирование заводнения с целью повышения эффективности энергетического поля нефтяного пласта: диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.17 / Антонов М.С. – Уфа, 2011. – 107 с.
3. Нефтегазопромисловая геология и подсчет запасов нефти и газа: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Геология и разведка нефт. и газовых месторождений"] / М. А. Жданов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 453 с.
4. Оперативная корректировка системы заводнения пласта БС10 / С.М. Ишкинов [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2013. – № 10. – 70–73 с.