

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ФАЗОВЫХ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО ДАННЫМ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Шишляев В.В. (ООО «Газпром проектирование», [V.Shishlyaev@promgaz.gazprom.ru](mailto:V.Shishlyaev@promgaz.gazprom.ru)),  
Черепанский М.М. (МГРИ, [vodamch@mail.ru](mailto:vodamch@mail.ru))*

**Аннотация:** В настоящей работе представлен метод количественной оценки функций относительных фазовых проницаемостей угольных пластов на основе данных промыслово-технологических исследований скважин с долговременным режимом отбора жидкости и газа при различной флюидонасыщенности пласта. В основу методики заложены математические модели материального баланса, аналитическая изотерма сорбции, уравнения массопереноса, а также уравнений состояния пластовых флюидов для однородного изотропного пласта.

**Ключевые слова:** Относительные фазовые проницаемости, угольные пласты, метанугольные месторождения, промыслово-технологические исследования, гидродинамическая модель

Фазовые проницаемости являются важнейшими характеристиками фильтрационных процессов в угольных пластах, они практически полностью определяют процесс течения пластовых флюидов. Данные о фазовых проницаемостях необходимы при обосновании технологических режимов эксплуатации скважин, в газогидродинамических расчетах технологических показателей разработки, при анализе и контроле за разработкой метанугольных месторождений. Учитывая большую значимость этих функций, важно уделить особое внимание методам их получения. Методы получения информации об относительных фазовых проницаемостях (ОФП) можно условно разделить на две категории: лабораторные (эмпирические) и аналитические [1].

Основным источником данных об ОФП являются лабораторные методы, основанные на исследованиях, которые проводятся на керне. В настоящее время имеются очень ограниченные и противоречивые данные о функциях относительных фазовых проницаемостей угольных пластов для системы «газ – вода». Эти измерения проведены на одиночных керновых образцах и, как правило, при их определении не учитывались свойства угольных пластов как нетрадиционных коллекторов с высокой геологической неоднородностью.

Также результаты лабораторных исследований керна часто не подходят для построения гидродинамических моделей метанугольных месторождений из-за трудности переноса результатов с масштаба образца керна на масштаб всего пласта, поскольку ОФП на уровне керна характеризуют фильтрацию флюидов в непрерывной пористой среде, а в гидродинамической модели фильтрация флюидов описывается путем имитации потоков между крупными дискретными блоками порово-трещинного пространства.

Измерение относительных проницаемостей по керну по сути является информацией «в точке» относительно объема пласта, дренируемого скважиной, и не отражает неоднородности при фильтрации флюидов по трещинам, поэтому для построений гидродинамических моделей метанугольных залежей чаще всего применяют аналитические методы, использующие в качестве исходных данных результаты гидродинамических исследований скважин (ГДИС) или данные промыслово-технологических исследований. Наиболее достоверную информацию для

определения ОФП можно получить при вскрытии вертикальной скважиной отдельного угольного пласта и его продолжительной эксплуатации, а на многопластовых месторождениях по результатам селективных ГДИС с вызовом притока пластового флюида с отдельным учетом жидкости и газа. В процессе проведения исследований производят долговременную отработку пласта, при которой постепенно, по мере распространения контура питания и снижения пластового давления, растет доля газа в продукции.

В этой работе сформулирован метод количественной оценки ОФП, который основывается на данных производительности метанугольных скважин по каждому объекту, вскрываемому в разрезе с учетом геолого-промысловых параметров угольных пластов. В основу метода заложены математические модели материального баланса, аналитическая изотерма сорбции, уравнения массопереноса, а также уравнений состояния пластовых флюидов для однородного изотропного пласта с мгновенной десорбцией газа [2]. Такой метод получил название метода средневзвешенного давления. На рисунке 1 представлена блок-схема реализации метода определения ОФП на основе данных промыслово-технологических исследований скважин с долговременным режимом отбора жидкости и газа при различной флюидонасыщенности пласта.

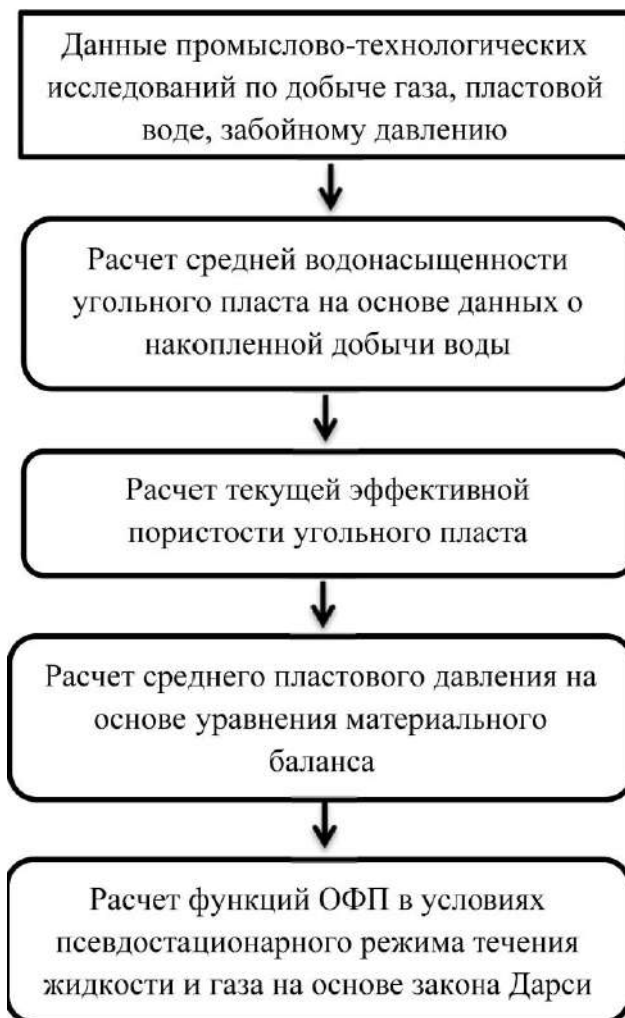


Рисунок 1. Блок-схема количественной оценки относительных фазовых проницаемостей угольных пластов

В основе этого метода лежит определение суммарного потока воды и газа, расчет среднего градиента давления и применение закона Дарси для вычисления относительных фазовых проницаемостей [3]. Для реализации метода продуктивный пласт рассматривается как некоторая область, ограниченная граничными поверхностями (кровлей и подошвой пласта), а по латерали областью дренирования скважины, при этом построение детальной геологической модели не требуется. Применение метода позволяет снизить размерность решаемой задачи фильтрации и перейти от трехмерной задачи к плоской без существенной потери точности при вычислении фазовых потоков. Описание фильтрационных процессов в угольном пласте при одновременном движении газа и пластовой жидкости схематизируют простейшими одномерными фильтрационными потоками, что позволяет обеспечивать приближенное математическое моделирование фильтрационных течений.

Основными задачами исследования являются повышение надежности и объективности прогнозирования ОФП для распространения полученных функций ОФП конкретной скважины на аналогичные участки пласта, а также модификацию функций ОФП при изменении размеров блоков сетки (ремасштабировании).

Материальный баланс, являющийся комплексным инструментом, позволяет относительно точно определить изменение флюидонасыщенности в процессе отбора жидкости и газа из угольных пластов, а посредством упомянутой выше методики рассчитать ОФП при минимальном наборе начальных геолого-промысловых данных.

Несмотря на преимущество аналитических методов определения относительных фазовых проницаемостей угольных пластов по данным промыслово-технологических исследований скважин, практический опыт показывает, что диапазон изменения функций ОФП ограничен отрезком изменений значений флюидонасыщенности в период проведения исследований. Кроме того на результат расчета влияют различные геолого-технические мероприятия на правление на интенсификацию притока метана из угольных пластов.

### Литература:

1. Овчаров В. В. Обзор методов расчета и процедур корректировки кривых относительных фазовых проницаемостей для гидродинамического моделирования залежей углеводородов // Вестник кибернетики. 2014. № 1 (13). С. 10-16.
2. Шишляев В.В. Применение математических моделей для решения задачи выбора эксплуатационных объектов при организации системы разработки метанугольных месторождений // Наука и техника в газовой промышленности. 2014. № 1 (57). С. 34-43
3. Clarkson CR, Rahmanian M, Kantzas A, Morad K. Relative permeability of CBM reservoirs: controls on curve shape// International Journal of Coal Geology 2011. 88(4). p. 204–17.