ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное развитие газодобывающей промышленности требует повышения эффективности процессов добычи природного газа и конденсата, увеличения компонентоотдачи пластов, совершенствования систем разработки и эксплуатации месторождений природных газов.

Научно-технологическая революция конца XX в. в нефтегазовой промышленности сопровождалась развитием научных основ и технологий четырехмерной геологии, геофизики и гидродинамики, интенсивным использованием горизонтальных и направленных скважин различной «архитектуры», новейшими достижениями в технологиях разработки месторождений в акваториях морей и океанов и созданием высокоэффективных глубоководных платформ для их реализации, все более интенсивным внедрением физических методов и волновых (в частности, вибрационных и акустических) технологий воздействия на продуктивные нефтегазовые пласты.

В предлагаемой вниманию специалистов книге авторы приводят результаты исследований последних лет, направленных на развитие научных основ указанных и других новых технологий изучения месторождений природных газов и обеспечения их рациональной разработки.

Книга отличается от многих публикаций, посвященных отдельным аспектам технологии добычи природных газов, тем, что в ней особое внимание уделено направлениям, являющимся основой новых математических и технологических методов, обеспечивающих надежность прогнозируемых параметров в условиях отсутствия достаточной и качественной информации, а также технологиям добычи газа в системе пласт – устье скважины, принципиально отличающимся от общепринятых технологий.

Показано, что важное значение имеют правильный анализ, обобщение информации, достоверный прогноз добычи газа и конденсата, обводнения скважин и других показателей разработки месторождений природных газов, подсчет извлекаемых запасов газа.

Авторы полагают, что предложенный в главе 1 подход к решению проблем, связанных с добычей газа в условиях нелинейности, неоднородности и неравновесности процессов, происходящих в пласте, в стволах вертикальных и горизонтальных скважин и в системе сбора и подготовки газа, будет полезен при проектировании,

анализе и разработке газовых месторождений. Для принятия решения в газодобыче рассмотрены: порядковая статистика, математическое моделирование, распознавание образов и др. Описание перечисленных методов сопровождается примерами расчетов. Для прогноза процессов, происходящих при добыче газа, следует одновременно использовать все перечисленные в главе 1 методы, независимо от объема и качества накопленной информации. Это позволит специалистам, занятым прогнозированием показателей газодобычи, обеспечить рациональные ожидания.

В 1995 г. Нобелевская премия была присуждена Р. Лукасу за разработку и применение гипотезы рациональных ожиданий. Эта работа базируется на гипотезе, которая предполагает сбор, обработку и интерпретацию фактических данных. Рациональное ожидание гарантирует от многих, но не от всех ошибок. Такая высокая оценка гипотезы подтверждает значение, которое придается в предложенной книге принятию решения при добыче газа, осуществление которого связано с крупными затратами.

В главе 2 рассмотрены вопросы, связанные с технологией добычи газа и использованием изложенных в предыдущей главе методов получения информации, которые необходимы для качественного прогнозирования показателей добычи газа.

В этой же главе приведены новые методы определения забойного давления горизонтальных газовых скважин разных конструкций с учетом наличия жидкости в потоке газа. Рассмотрены возможности получения информации о пласте по результатам исследования скважин при стационарных режимах фильтрации, с учетом влияния на результаты исследования различных факторов. Методы, предложенные для определения параметров пласта, проверены экспериментально. Показана возможность определения параметров пласта по данным эксплуатации скважин. Для случая отсутствия информации о вертикальной проницаемости предложены два простых метода определения этого параметра.

Следующая глава книги посвящена анализу законов фильтрации и факторам, учитывающим фрактальные свойства фильтрации, возможность отрицательного давления, нелинейные эффекты фильтрации, особенности фильтрации газа в ползучих средах, влияние сорбционной способности пород на фильтрационные характеристики коллектора, неравновесные эффекты. В частности, исследована неравновесная фильтрация газоконденсатных систем. Приведены результаты экспериментов по изучению связи между градиентом давления и скоростью фильтрации газоконденсатной смеси в условиях фазовых переходов (в особенности в призабойной зоне пласта), накопления выпавшего конденсата и его выноса из призабойной зоны при достижении определенной насыщенности. Рассмотрены особенности фильтрации газа к горизонтальному стволу, приближенные методы определения производительности горизонтальных газовых и газоконденсатных скважин.

В главе 4 описаны методы изучения газоконденсатной характеристики месторождения. Для выбора способа разработки месторождения, в особенности газоконденсатного или газоконденсатно-нефтяного, необходимо определить тип залежи по углеводородному составу с помощью классификационных методов, в частности распознавания образов. Исследован процесс зародышеобразования в газоконденсатных системах, имеющий большое значение при изучении потерь конденсата в пласте, фазового состояния смеси и в особенности сепарации газа с использованием циклонных сепараторов и при дифференциальной конденсации смеси в сосуде PVT.

Глава 5 посвящена расчету и прогнозированию извлекаемых запасов газа. Это определяющий параметр, от которого зависит достоверность прогнозируемых показателей, он является основным источником информации. В работе проанализированы существующие методы подсчета запасов, показаны недостатки этих методов, перечислены причины, приводящие к погрешности при определении запасов. К ним относятся следующие: принятие нижних пределов пористости и проницаемости, ниже которых пропластки с такими параметрами исключаются из подсчета запасов; неучет наличия переходной зоны между зонами газовой и водонасыщенной (нефтенасыщенной при наличии нефтяной оторочки зон); неучет влияния горного давления при определении начальных запасов газа; недостоверное определение объема вторгшейся в залежь воды в процессе ее истощения из-за неприемлемой точности метода определения продвижения подошвенной или контурной воды.

Разработан метод, который не предусматривает необходимость исключения низкопроницаемых и низкопористых пропластков. С высокой точностью метод учитывает наличие переходных зон, толщина которых определяется в зависимости от фильтрационных свойств газоводоносных и газонефтяных пластов, вторжение воды в газовую залежь при изменениях вертикальной и горизонтальной проницаемости, глубины депрессионных воронок, сроки ввода в разработку отдельных участков залежи, а также интенсивность отбора газа из месторождения в целом и из отдельных пропластков. Приведены основы нового метода и исходные данные, необходимые для расчета запасов газа, описан процесс моделирования залежи и интерпретации полученных результатов.

Предложены новые критерии определения категорийности запасов газа. Одна из существенных задач, связанных с балансом углеводородов, – определение коэффициента извлечения газа. Для газового режима, при котором вторжение подошвенной или краевой воды в залежь практически отсутствует, коэффициент газоотдачи определяется экономическими показателями добычи газа на завершающей стадии разработки залежи. При наличии потребителя низконапорного газа и газовом режиме залежи коэффициент извлечения газа приближается к единице. При неоднородности и многослойности залежи, различных соотношениях запасов газа и отборов

из отдельных пропластков, разной интенсивности отбора и вторжения воды коэффициент извлечения колеблется в пределах от 0,8 до 0,9. Исходя из изложенного в главе 5 даны методы прогнозирования коэффициента газоотдачи и рассмотрен порядок выбора уровня отбора газа в условиях неполной информации о запасах газа.

В главе 6 приведены основные принципы выбора технологического режима работы скважин, критерии этого выбора в зависимости от основного, определяющего фактора для рассматриваемого месторождения. Изложены методы обоснования критериев и их предельных значений для каждого фактора, по которому выбирается режим эксплуатации скважин. Среди наиболее существенных факторов, влияющих на режим эксплуатации скважин, выделены и детально рассмотрены режимы их работы при возможности разрушения призабойной зоны и образования песчано-жидкостных пробок, обводнения скважин подошвенной водой, образования гидратов газа в призабойной зоне пласта и стволе скважины, а также при возможности коррозии скважинного оборудования.

Уделено внимание вопросу вскрытия пласта и конструкциям скважин, от которых зависит их обводнение, возможность образования песчаных пробок. Описаны условия применения горизонтальных скважин, предложены методы определения продуктивности и параметров пластов по результатам их исследования, а также методы интенсификации притока газа к скважине.

Глава 7, посвященная анализу показателей разработки газовых и газоконденсатных месторождений, включает методические основы анализа в целом и в условиях недостаточности информации. Исследовано влияние взаимодействия между скважинами по величине их дебитов при уплотнении сетки скважин. Значительный интерес представляет раннее диагностирование начала выноса выпавшего в пласте конденсата и жидкости с забоя газоконденсатной скважины. Изучено влияние горного давления на параметры разработки газовых и газоконденсатных месторождений, а также влияние неравновесности процессов на формирование режимов газоносных пластов. Это весьма существенно при определении режима залежи, зависящего от активности проявления упруговодонапорного режима по залежи в целом и по отдельным пропласткам, если они крайне неоднородны.

Вопросу проявления начального градиента давления при освоении и эксплуатации газовых скважин посвящен специальный подраздел. В главе 7 предложен метод прогнозирования начала изменений в характере обводнения скважин и активного внедрения пластовых вод в залежь при упруговодонапорном режиме.

В главе 8 описаны методы повышения газо- и конденсатоотдачи путем внутриконтурного заводнения и др.

Следующая глава посвящена повышению качества подготовки к транспорту газоконденсатных систем при воздействии магнитных полей. К настоящему времени установлено наличие газогидратных

залежей, запасы которых превышают 300 трлн м^3. Разработка таких месторождений тепловым воздействием или закачкой ингибиторов в пласт для разложения гидратов требует больших затрат. В связи с этим поиски новых методов разложения гидратов в пластовых условиях, к которым относят электромагнитное, акустическое, вибрационное и иное воздействие на пласт, становятся актуальным направлением для дальнейшего освоения газовых и газоконденсатных месторождений. Предотвращение гидратообразования в стволе скважины и наземных коммуникациях не вызывает особой трудности, хотя и связано с немалыми затратами. Трудности возникают при образовании гидратов в пласте, особенно в призабойной зоне, при создании депрессии на пласт и снижении температуры газа в этой зоне. В таких случаях для устойчивой работы скважины требуется постоянно действующий забойный нагреватель или периодическая закачка в призабойные зоны ингибиторов гидратообразования.

Предлагаемый метод магнитного воздействия на газоконденсатную систему в условиях забоя может оказаться прогрессивным способом эксплуатации скважин при сравнительно простой технологии добычи газа и низких затратах.

Другим, не менее важным направлением, в котором предлагается использовать электромагнитное воздействие на газоконденсатную систему, является улучшение условий сепарации газа. При создании магнитного поля в сепараторах разделение потока газоконденсатной смеси на газовую и жидкую фазы интенсифицируется, что позволяет обеспечить кондицию подаваемого в магистральный газопровод газа, снизить потери давления по длине газопровода и увеличить его пропускную способность. Рассмотрено также влияние на конденсатоотдачу омагничивания воды и растворов поверхностно-активных веществ, закачиваемых в пласт.

В последней главе книги рассмотрены вопросы контроля за разработкой газовых и газоконденсатных месторождений. В целом круг этих вопросов можно разделить на три блока: 1) разработка методов контроля; 2) выбор необходимого комплекса методов и технологий, обеспечивающих надлежащий контроль за разработкой в зависимости от геолого-технических особенностей месторождения; 3) обоснование перечня параметров, подлежащих контролю, и периодичности контроля с учетом методов, использованных при прогнозировании показателей разработки.

В работе рекомендованы методы контроля параметров, определяемых по результатам лабораторного изучения образцов пористой среды и насыщающих их флюидов, а также по данным гидрогеологических, газогидродинамических и промыслово-геофизических исследований скважин. Эти результаты и данные эксплуатации скважин должны быть проанализированы и обобщены с помощью методов, изложенных в главе 1 книги, в целях принятия решений по дальнейшей разработке залежи.

В разделах книги приведены результаты, полученные совместно с Г.С. Степановой, Э.Э. Рамазановой, М.С. Разамат (п. 4.2); Р.Д. Бабаевым и А.А. Сулеймановым (п. 4.6); Б.Е. Сомовым (пп. 5.5–5.7); Р.Н. Бахтизиным и Т.А. Самедовым (п. 5.9); Р.М. Сатдаровым и М.С. Худиевым (п. 7.1); Н.Б. Штибиной и Р.К. Зейналовым (пп. 7.3, 7.13); К.И. Исмайловым (п. 7.12); А.М. Мамедзаде и Ф.Г. Велиевым (п. 9.1); А.Л. Шабановым (п. 9.5); Л.Г. Петросяном (п. 10.1); Л.З. Цлав, Н.Н. Деевым и Г.И. Кутыревой (п. 10.2); Г.Г. Вахитовым, Э.М. Симкиным (пп. 10.3, 10.4); А.Ф. Андреевым и др. (п. 10.5).

При работе над предлагаемой книгой развиты и широко использованы материалы книги А.Х. Мирзаджанзаде, И.М. Аметова, К.С. Басниева, А.И. Гриценко, Г.В. Рассохина и А.Т. Шателова «Технология добычи природных газов» (М.: Недра, 1987). В новой книге авторы сохранили большую часть материалов, написанных безвременно ушедшими из жизни профессорами И.М. Аметовым и Г.В. Рассохиным, многолетнее творческое сотрудничество с которыми способствовало развитию научных основ современных и перспективных нефтегазовых технологий.

Авторы благодарны своим коллегам и ученикам в Москве, Уфе, Ухте и Баку за многолетнее плодотворное сотрудничество и дискуссии.