

УДК 622.279

АНАЛИЗ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF THE COMPLICATIONS AT USAGES GAS FIELDS ON TERMINATING STAGE AND DEVELOPMENT OF THE METHOD OF THE FORECASTING OF THE CONDITION OF THE SORTS-COLLECTOR ON BASE OF THE METHODS INTERDISCIPLINARY MODELING

Березовский Денис Александрович
заместитель начальника цеха филиала
ООО «Газпром добыча Краснодар»
Каневское газопромислое управление

Савенок Ольга Вадимовна
кандидат технических наук,
доцент кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна.
Кубанский государственный
технологический университет
Тел.: 8(861) 233-84-30, 8(918) 326-61-00
set@id-yug.com

Аннотация. В статье проведён анализ осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии. Разработан метод прогнозирования состояния пород-коллекторов на основе методов междисциплинарного моделирования.

Ключевые слова: завершающая стадия эксплуатации, газовые месторождения, разработка метода прогнозирования, период падающей добычи, выполнение прогнозных исследований, эксплуатация газовых месторождений.

Berezovskiy Denis Aleksandrovich
deputy of the chief of the shop of
the branch
ООО «Gazprom mining Krasnodar»
Kanevskoe gas field management

Savenok Olga Vadimovna
Ph. D., Associate Professor of the pulpit
oil and gas deal of the name of
the professor G.T. Vartumyan.
Kuban State University of Technology
Ph.: 8(861) 233-84-30, 8(918) 326-61-00
set@id-yug.com

Annotation. Analysis of the complications is organized In article at usages gas fields on terminating stage. The Designed method of the forecasting of the condition of the sorts-collector on base of the methods interdisciplinary modeling.

Keywords: terminating stage to usages, gas fields; development of the method of the forecasting, period falling mining, execution of forecast studies, usage gas fields.

Эксплуатация месторождений в период падающей добычи происходит на фоне не только снижения пластового давления, но и ряда других негативных процессов, которые осложняют добычу, приводят к уменьшению дебитов скважин и росту себестоимости извлекаемого газа, а иногда и остановке скважин. К наиболее распространённым негативным явлениям относятся, например, [1–3]:

- обводнение залежи;
- образование зон защемлённых объёмов газа вследствие неравномерности отработки залежи;
- образование гидратов;
- деградация и разрушение призабойной зоны;
- пескопроявления;
- моральный и физический износ промыслового оборудования;
- рост доли эродированного оборудования в устьевой обвязке;
- снижение эффективности промысловой обработки добываемого газа.

В [2] приведены основные факторы, усложняющие эксплуатацию сеноманских залежей на завершающей стадии разработки и негативные последствия от воздействия этих факторов (рис. 1).

Показаны определяющие связи между подсистемой разработки месторождения и подсистемой промысловой подготовки газа в течение жизненного цикла газодобывающего предприятия.

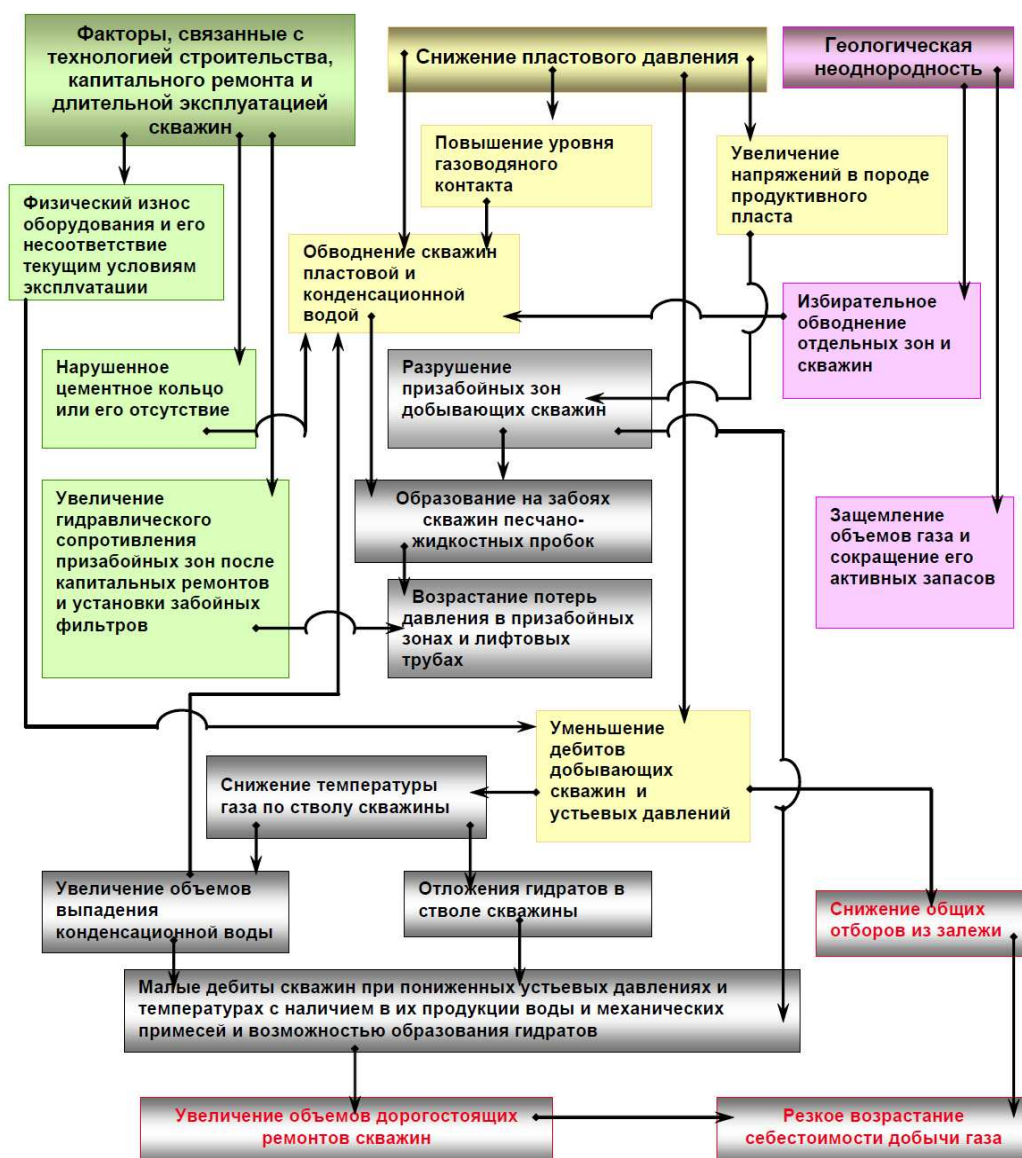


Рисунок 1 – Основные факторы, усложняющие эксплуатацию сеноманских залежей на завершающей стадии разработки, и негативные следствия от воздействия этих факторов [2]

Анализ [1–3] показывает, что одна из главных причин возникновения осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии состоит в последовательном изменении характеристик пород-коллекторов.

В [4] проведён анализ особенностей эксплуатации скважин сеноманских газовых залежей месторождений севера Западной Сибири на завершающей стадии.

Выполнены тестовые экспериментальные исследования на стенде «призабойная зона – скважина» в режимах: частичного уноса жидкости, самозахлёбывания, в режиме ГДИ, барботаж и выноса влажного песка потоком воздуха. С целью определения характера протекания во времени процессов накопления и уноса жидкости с последующей их стабилизацией в интервале перфорации скважины проведены исследования в режиме постоянного отбора воздуха и частичного выноса жидкости (рис. 2).

В [5] выявлены основные факторы, обуславливающие снижение дебитов скважин ниже критических значений и являющихся причиной самозадавливания:

- геолого-технологические причины (необходимость ограничения дебита для снижения выноса механических примесей или с целью не допустить превышения максимально-допустимой депрессии на пласт (61 %));
- интенсивный приток подошвенной воды (19 %);
- недостаточная скорость потока газа в лифтовых трубах (20 %).



Рисунок 2 – Результаты исследования на стенде «призабойная зона – скважина»

Анализ зависимости между динамикой падения приведённого пластового давления p_i/z_i в объёме залежи и накопленным отбором газа показывает, что уменьшение дренируемых запасов происходит пропорционально сокращению фонда работающих скважин (рис. 3).

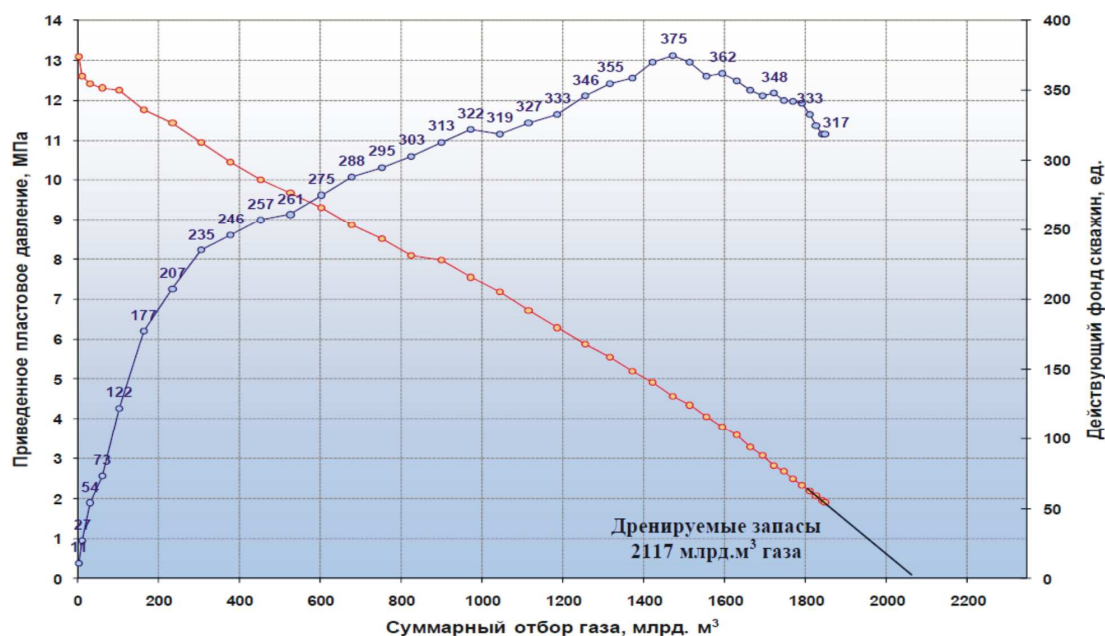


Рисунок 3 – Зависимость снижения p_i/z_i от суммарного отбора газа и динамики фонда скважин Медвежьего месторождения

В [6] проанализированы вопросы взаимосвязи между прорывом воды и разрушением пласта. Одна из гипотез состоит в том, что обводнение продуктивных пластов вызывает падение капиллярного давления из-за повышенного насыщения смачивающей фазой. Поскольку капиллярное давление удерживает зёрна песчаника вместе, прорыв воды способствует выносу песка.

Другая гипотеза заключается в том, что при прорыве воды через пласт происходит снижение относительной газопроницаемости. Для поддержания уровня добычи скважины увеличивается депрессия на пласт, что инициирует перемещение мелких частиц в пласте.

К числу факторов, негативно влияющих на работу скважин при ограничении дебита по геолого-технологическим причинам, относится температурный режим, определяемый в значительной степени температурой пласта, вышележащих пород, условий эксплуатации скважины, дебита, депрессии на пласт.

В ряде случаев, когда температура газа близка к 0 °С, происходит обычное намерзание капельной влаги, выносимой потоком газа или выделяющейся из газа при понижении его температуры (рис. 4).



Рисунок 4 – Ледяная пробка в фонтанной арматуре скважины

В [7] рассмотрены вопросы обоснования технологических режимов работы системы добычи и сбора газа в осложнённых условиях разработки газовых залежей (водопескопроявления, износ промыслового оборудования, снижение запаса пластовой энергии).

Предложен способ повышения эффективности разработки сеноманской газовой залежи путём периодической эксплуатации скважин. Приток газа из периферийных участков залежи после остановки скважин приводит к росту пластового давления в купольной части залежи, и, следовательно, повышается производительность скважин при дальнейшем их запуске.

Показано, что гидродинамические расчёты и трёхмерные модели при адаптации по истории разработки требуют корректировки не только исходной проницаемости в газовой части и параметров водонапорного бассейна (аквифера), но и объёмных параметров в ячейках, расположенных ниже начального контакта «газ – вода» (поровых объёмов) (рис. 5).

В [8] приводятся такие причины и факторы пескопроявлений как:

- слабосцементированный коллектор;
- вязкость пластового флюида;
- скорость движения частиц флюида в пласте;
- депрессия;
- напряжения в призабойной зоне пласта;
- загрязнённость призабойной зоны пласта.

В [9] исследованы особенности геологического строения, закономерностей изменения формы и свойств газовых и газоконденсатных залежей Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Показано, что при анализе объектов разработки, приуроченных к одному стратиграфическому подразделению, средние значения коллекторских свойств могут быть очень близки и отличаются всего на несколько процентов, а их статистические характеристики, выраженные через стандартные отклонения и коэффициенты вариации, могут различаться на десятки и сотни процентов, что характеризует внутреннюю неоднородность объекта исследований. Предложено при оценке ем-

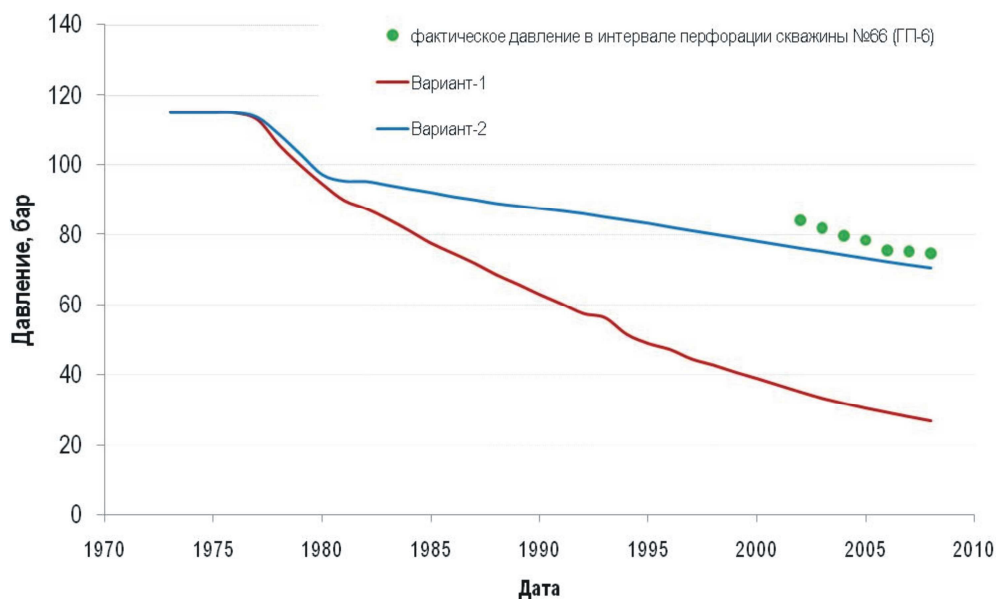


Рисунок 5 – Динамика давления в интервале перфорации скважины № 66 (факт, расчёт до и после адаптации модели)

костной неоднородности пород-коллекторов использовать в качестве показателя неоднородности параметр:

$$K_{неод} = \frac{W_m \cdot W_{кн}}{M_{нзэ} \cdot M_{hmn}}, \quad (1)$$

где W_m , $W_{кн}$ – коэффициенты вариации соответственно пористости и нефтегазонасыщенности; $M_{нзэ}$, M_{hmn} – математическое ожидание соответственно нефтегазонасыщенной толщины и толщины пропластков.

Вопросы образования гидратов описаны в [10–14]. На рисунке 6 представлены термобарические зоны возможного разложения гидрата метана на фазы газ/лёд и газ/переохлажденная вода при снижении давления [10].

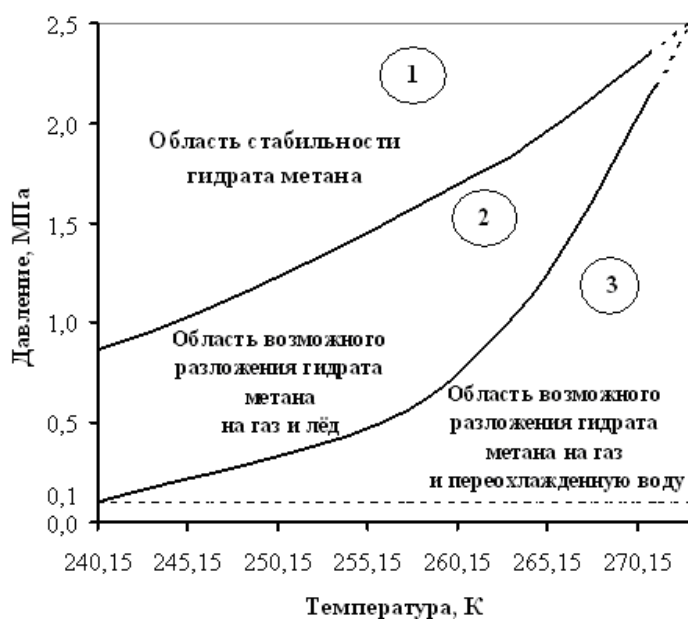


Рисунок 6 – Термобарические зоны возможного разложения гидрата метана на газ, лёд и переохлажденную воду

Процесс поверхностного разложения газовых гидратов при отрицательных по Цельсию температурах может быть подразделён на три основные стадии (рис. 6):

1) стадия начального разложения на метастабильные фазы (переохлаждённая вода, фазы метастабильных льдов);

2) стадия кристаллизации или перекристаллизации метастабильной водной фазы;

3) стадия дальнейшего медленного разложения по диффузионному механизму.

В [11] выполнен анализ методов предупреждения образования гидратов:

- подогрев газа на станциях подогрева паром или другими теплоносителями в теплообменниках: при сохранении давления в газопроводе температура газа поддерживается на несколько градусов выше равновесной температуры образования гидратов;

- снижение давления: известен закон изменения температуры газа в газопроводе, т.е. задана зависимость изменения температуры газа от длины газопровода (метод используется для предупреждения гидратообразования или ликвидации образовавшихся гидратов);

- безгидратный режим эксплуатации скважин за счёт выбора технологического режима работы или подачи ингибитора гидратообразования в скважины;

- ввод в поток газа ингибиторов: применяют для предупреждения и ликвидации гидратов в призабойной зоне пласта и стволах скважин (требуется подача большого количества ингибитора не только в скважины, но и в шлейфы).

К газопромысловым системам, в которых возможно образование техногенных газовых гидратов, относятся [12]:

- призабойная зона скважин, ствол скважины;
- шлейфы и коллекторы;
- установки подготовки газа;
- головные участки магистральных газопроводов;
- газораспределительные станции;
- внутрипромысловые и магистральные продуктопроводы;
- установки заводской обработки и переработки газа.

На рисунке 7 представлены методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромысловых и газотранспортных системах.

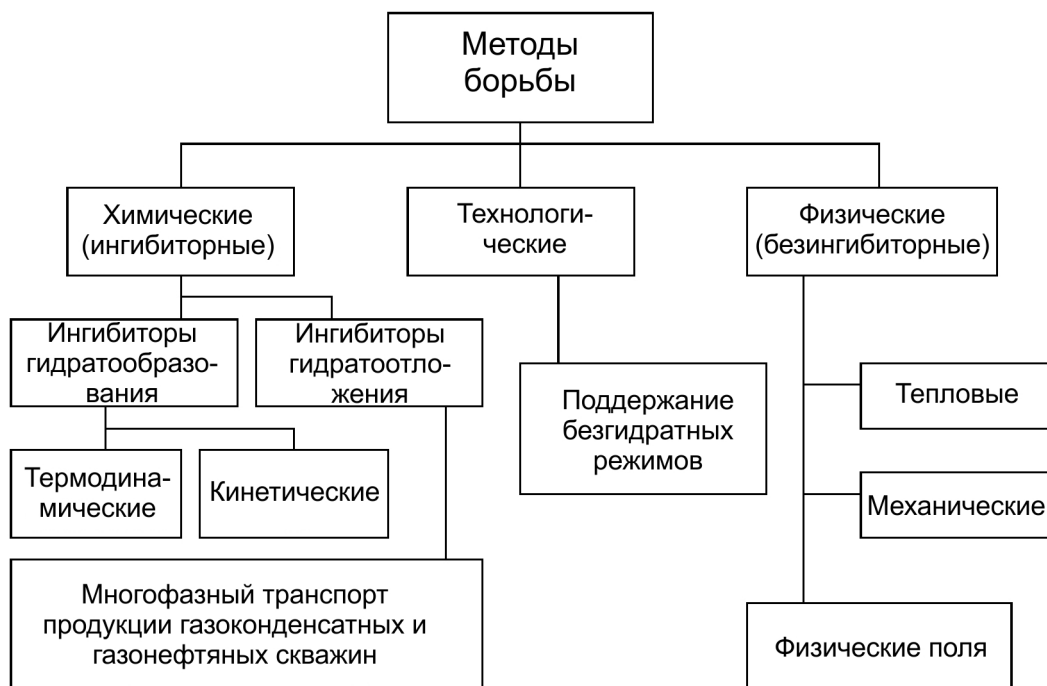


Рисунок 7 – Методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромысловых и газотранспортных системах

На основе обобщения представленных выше материалов можно сделать выводы:

- возникающие на завершающей стадии эксплуатации осложнения разнообразны по видам и формам проявления;
- степень изученности вопросов, связанных с причинами возникновения осложнений на завершающей стадии эксплуатации, пока ещё мала;
- систематизация осложнений позволяет выделить три основные первопричины их возникновения – истощение залежи, деградация пород-коллекторов и износ оборудования (рис. 8);
- между указанными факторами (истощение залежи, деградация пород-коллекторов и износ оборудования) по мере эксплуатации наступает рассогласование, что может приводить к значительным затруднениям добычи и необходимости проведения восстановительных мероприятий (ремонт и др.).

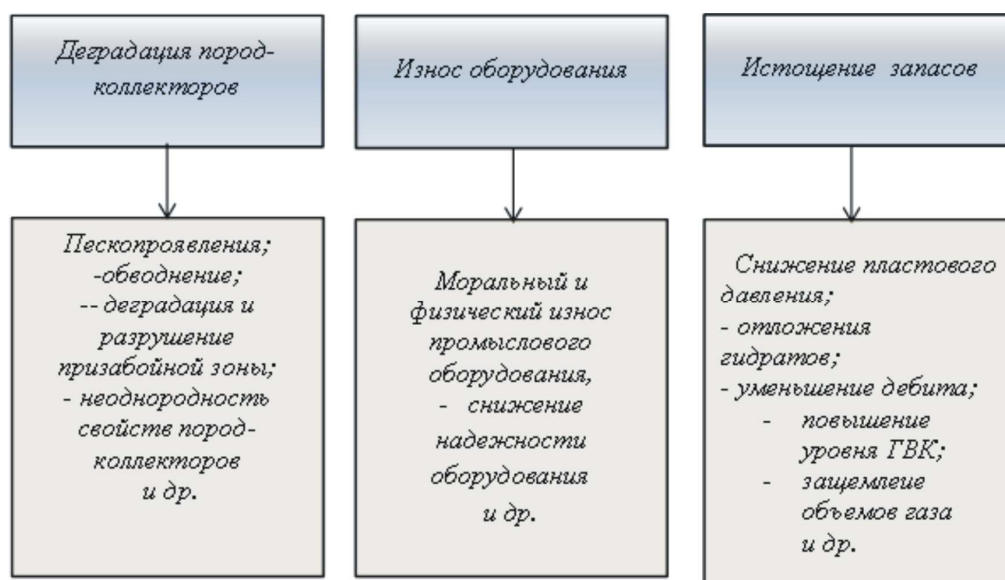


Рисунок 8 – Причины и последствия осложнений добычи

Факторы (истощение залежи, деградация пород-коллекторов и износ оборудования) имеют определённые взаимосвязи между собой и общую зависимость от времени – продолжительности эксплуатации месторождения.

Каждый из указанных факторов можно рассматривать как предмет для исследований.

Методы моделирования достаточно широко применяются для решения различных задач оптимизации режимов эксплуатации газовых месторождений, например, для обоснования режимов работы системы добычи и сбора газа (рис. 9).

В данном случае моделирование применено для прогнозирования состояния пород-коллекторов с целью установления условий наступления факторов осложнения добычи. Для решения поставленной задачи требуется привлечение широкого круга дисциплин – гидрогеологии и инженерной геологии, грунтоведения, физико-химической механики и ряда других дисциплин. Обобщённо такие подходы представляют собой методы междисциплинарного исследования.

В состав работ по междисциплинарному моделированию входит:

- создание композиционной модели породы;
- качественное описание системы «песчаная среда – глинистая среда»;
- экспериментальные исследования кернов песчаника;
- исследование пределов устойчивости пород-коллекторов.



Рисунок 9 – Цикл обоснования режимов работы системы добычи и сбора газа [7]

Литература:

1. Тер-Саркисов Р.М. Разработка месторождений природных газов. – М. : ОАО «Издательство «Недра», 1999. – 659 с.
2. Ланчаков Г.А. Повышение эффективности доразработки сеноманских газовых залежей на основе системного совершенствования технологий добычи и подготовки газа : Дисс. ... канд. техн. наук. – Новый Уренгой, 2006. – 140 с.
3. Величкин А.В. Обоснование технико-технологических решений по повышению эффективности добычи и подготовки природного газа на севере Западной Сибири : Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб., 2013.
4. Плосков А.А. Экспериментальное моделирование режимов эксплуатации скважин на завершающей стадии разработки сеноманских залежей : Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2013.
5. Епрынцева А.С. Разработка технико-технологических решений по эксплуатации скважин газовых месторождений на стадии падающей добычи : Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2012.
6. Моторин Д.В., Кротов П.С., Гурьянов В.В. Проблемы добычи газа на завершающем этапе разработки месторождений // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 10.
7. Архипов Ю.А. Совершенствование методов обоснования режимов работы газовых скважин : Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2011. – 159 с.
8. ООО «Нефтегазтехнология» Ликвидация пескопроявлений. – URL : http://ngt.belitski.ru/Ликвидация_пескопроявлений
9. Облеков Г.И. Геологическое обоснование технологий управления разработкой уникальных газовых и газоконденсатных месторождений Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции : Дисс. ... д-ра геолого-минералогических наук. – Надым, 2009. – 404 с.
10. Квон В.Г. Термодинамическое моделирование фазовых равновесий углеводородных систем с водой и газовыми гидратами для повышения эффективности технологий в добыче газа : Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2008. – 166 с.
11. Бешенцева С.А. Анализ методов предупреждения гидратообразования в трубопроводах // Вестник кибернетики. – 2012. – № 11. Автоматизация нефтегазовых технологий.

12. Грунвальд А.В. Использование метанола в газовой промышленности в качестве ингибитора гидратообразования и прогноз его потребления в период до 2030 г. // Нефтегазовое дело. – 2007. – № 2.

13. Чухарева Н.В. Определение условий гидратообразования при транспорте природного газа в заданных технологических условиях эксплуатации промысловых трубопроводов. Расчёт необходимого количества ингибиторов для предотвращения загидрирования : Методические указания к выполнению практических работ по курсу «Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело», специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» / Н.В. Чухарева. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 30 с.

14. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин : в 4 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – Т. 3. – 2014. – 576 с.

References:

1. Ter-Sarkisov P.M. Development of fields of natural gases. – M. : JSC Nedra Publishing House, 1999. – 659 p.

2. Lanchakov G.A. Increase of efficiency of further development the senomanskikh of gas deposits on the basis of system improvement of technologies of production and gas preparation : Thesis ... cand. tech. sci. – Novy Urengoy, 2006. – 140 p.

3. Velichkin A.V. Justification of technical and technological decisions on increase of efficiency of production and preparation of natural gas in the north of Western Siberia : Avtoref. yew. ... cand. tech. sci. – SPb., 2013.

4. Ploskov A.A. Experimental modeling of modes of operation of wells on a development closing stage the senomanskikh of deposits : Avtoref. yew. ... cand. tech. sci. – M., 2013.

5. Epryntsev A.S. Development of technical and technological decisions on operation of wells of gas fields at a stage of falling production : Avtoref. yew. ... cand. tech. sci. – Tyumen, 2012.

6. Motorin D.V., Moles P.S., Guryanov V.V. Gas production problems at the final stage of development of fields // Neftegaz Territory. – 2011. – № 10.

7. Arkhipov Yu.A. Improvement of methods of justification of operating modes of gas wells : Thesis ... cand. tech. sci. – M., 2011. – 159 p.

8. JSC Neftegaztekhnologiya Elimination of peskoproyavleniye. – URL: [http://ngt.belitski.ru/elimination of peskoproyavleniye](http://ngt.belitski.ru/elimination_of_peskoproyavleniye)

9. Oblekov G.I. Geological justification of technologies of management by development of unique gas and gas-condensate fields of the West Siberian oil-and-gas province : Thesis ... dr.s of geological and mineralogical sciences. – Nadym, 2009. – 404 p.

10. Kvon V.G. Thermodynamic modeling of phase ravnovesiya of hydrocarbonic systems with water and gas hydrates for increase of efficiency of technologies in gas production : Thesis ... cand. tech. sci. – M., 2008. – 166 p.

11. Beshentseva S.A. The analysis of methods of the prevention of hydrate formation in pipelines // Messenger of cybernetics. – 2012. – № 11. Automation of oil and gas technologies.

12. Grunvald A.V. Methanol use in the gas industry as inhibitor of hydrate formation and the forecast of its consumption during the period till 2030 // Oil and gas business. – 2007. – № 2.

13. Chukhareva N.V. Definition of conditions of hydrate formation at transport of natural gas in the set technological service conditions of trade pipelines. Calculation of necessary amount of inhibitors for zagidrachivaniye prevention : methodical instructions to performance of practical works on the course "Preparation, Transport and Storage of Borehole Production" for the students of the IV course who are training in the direction 130500 "Oil and gas business", specialty 130501 "Design, a construction and operation of gas and oil pipelines and gazoneftekhranilishch" / N.V. Chukhareva. – Tomsk : Publishing house of Tomsk polytechnical university, 2010. – 30 p.

14. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells : in 4 v. – Krasnodar : Publishing house – the South. – V. 3. – 2014. – 576 p.