УДК 622.279

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF GAS AND GAS CONDENSATE FIELDS ON THE KRASNODAR TERRITORY AND THE PROBLEMS OF THEIR OPERATION AT VARIOUS STAGES OF HYDROCARBON PRODUCTION

Березовский Денис Александрович
филиал ООО «Газпром добыча Краснодар»,
Каневское газопромысловое управление
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Бекетов Сергей Борисович
доктор технических наук, профессор
кафедры геофизических методов поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых.
Северо-Кавказский федеральный университет
bsb.gt.fin@rambler.ru

Аннотация. Наряду с вводом новых мощностей по добыче газа, требующих крупных капитальных вложений, важное место в выполнении программы ускоренного развития газовой промышленности занимают работы по повышению эффективности разработки истощённых газовых и газоконденсатных месторождений, направленные на максимальное извлечение углеводородного сырья из недр и соответственно повышение конечного коэффициента газоконденсатоотдачи месторождений. Как показывает практика, заключительный этап разработки газовых и газоконденсатных месторождений потребовал решения целого комплекса вопросов по совершенствованию технологии и техники добычи газа, ремонта скважин, защиты оборудования от коррозии, подготовки газа к транспорту, сооружения подземных хранилищ газа, охраны окружающей среды и др. Группа основных газовых и газоконденсатных месторождений Краснодарского края одной из первых в стране вступила в заключительный этап разработки, в связи с чем в последние годы выполнен большой объём теоретических, экспериментальных и промысловых исследований по решению указанного комплекса вопросов.

Ключевые слова: стадии развития добычи углеводородного сырья газодобывающего региона, проблемы эксплуатации в процессе развития добычи, вторичная добыча газа и конденсата, законченные разработкой или заканчивающую последнюю стадии залежи, остаточные запасы газа, месторождение с малыми запасами, добыча газа из обводнённых пластов.

Berezovskiy Denis Aleksandrovich
Branch LLC «Gazprom dobycha Krasnodar»,
Kanevskoe Gas field Management
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Beketov Sergey Borisovich
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Geophysical Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits,
North-Caucasus Federal University
bsb.gt.fin@rambler.ru

Annotation. Along with the commissioning of new gas production capacities that require large capital investments, an important place in the implementation of the program for the accelerated development of the gas industry is occupied by work to improve the efficiency of the development of depleted gas and gas condensate fields, aimed at maximizing the extraction of hydrocarbons from the subsoil and, accordingly, increasing the final coefficient of gas condensate recovery of fields. As practice shows, the final stage of the development of gas and gas condensate fields required the solution of a whole range of issues to improve the technology and technology of gas production, well repair, protection of equipment from corrosion, preparation of gas for transport, construction of underground gas storage facilities, environmental protection, etc. The group of major gas and gas condensate fields in the Krasnodar Territory was one of the first in the country to enter the final stage of development, in connection with which a large amount of theoretical, experimental and field research has been carried out in recent years to address this set of issues.

Keywords: stages of development of hydrocarbon production in the gas producing region, operational problems in the process of production development, secondary production of gas and condensate, completed development or completing the last stage of the deposit, residual gas reserves, field with small reserves, gas production from flooded reservoirs.

Процесс развития добычи газа на территории Краснодарского края проходит определённые стадии, присущие, как правило, всем известным газодобывающим регионам.

Первая стадия характеризуется открытием месторождений с большими запасами газа и активным приростом валовой добычи углеводородов. Продолжительность первой стадии колеблется в пределах 8–15 лет.

Вторая стадия имеет относительно устойчивый уровень добычи углеводородов за счёт открытых на первой стадии крупных месторождений. Прирост запасов на этой стадии значительно снижается, так как наиболее крупные структуры к этому времени уже выявлены и опробованы. Длительность второй стадии 2–7 лет.

Третья стадия начинается с устойчивого падения уровня добычи углеводородов, так как прирост запасов не обеспечивает ввод достаточного количества новых месторождений в эксплуатацию. Третью стадию можно назвать стадией падающей добычи. Продолжается эта стадия 8–15 лет.

Четвёртая, заключительная, стадия развития региона характеризуется малыми объёмами добычи углеводородов. Прирост запасов на этой стадии незначителен и уровень добычи поддерживается, в основном, за счёт применения методов интенсификации и ввода в эксплуатацию новых месторождений с очень малыми запасами газа (0,2–1 млрд м^3), эксплуатация которых на предыдущих стадиях имела бы низкую рентабельность.

Краснодарский газодобывающий регион включает в себя газовые и газоконденсатные месторождения Ростовской области, республики Адыгея и Краснодарского края. Основная часть месторождений как по количеству, так и по объёмам начальных запасов располагается в Краснодарском крае. Последнее и определило название региона.

Данный регион прошёл все стадии развития. Возникавшие и возникающие проблемы эксплуатации в процессе развития характерны практически для всех известных газодобывающих регионов. Решение проблем эксплуатации месторождений Краснодарского региона может использоваться в качестве основы и в других газодобывающих регионах.

В таблице 1 приведены определяющие параметры развития Краснодарского региона. Заключительная стадия продолжается и в настоящее время.

Таблица 1 – Стадия развития добычи углеводородов по Краснодарскому региону

Показатель	Номер стадии			
	1	2	3	4
Запасы газа, введённые в эксплуатацию на конец стадии, млрд м^3	334,833	344,971	398,082	425,631
Среднегодовой прирост запасов, млрд м^3:				
– на начало стадии	56,7	9,5	6,4	2,5
– на конец стадии	9,9	3,3	1,6	0,9
Суммарный отбор газа на конец стадии, млрд м^3	94,129	170,421	268,641	309,615
Среднегодовая добыча газа, млрд м^3:				
– на начало стадии	0,722	24,718	22,417	4,091
– на конец стадии	24,065	25,814	4,406	1,925
Среднегодовая добыча конденсата, тыс. тонн:				
– на начало стадии	19	785	556	51
– на конец стадии	1178	691	58	24
Запасы газа, оставшиеся в пласте на конец стадии, млрд м^3	240,704	174,550	129,441	116,076

Проблемы эксплуатации на первой стадии заключаются в выборе системы разработки многопластовых залежей газа и размещения скважин по площади залежи, в выборе системы сбора и подготовки углеводородов к транспорту, в создании сети магистральных газопроводов, дожимных компрессорных станций и др. Все указанные проблемы имеют на настоящий момент достаточно полные теоретические решения, которые можно успешно применить во вновь создаваемых газодобывающих регионах.

На начало ввода в эксплуатацию месторождений Краснодарского края (50–60-е годы прошлого столетия) указанных теоретических решений ещё не существовало, что привело к значительным ошибкам при разработке месторождений. Так, неравномерность отборов привела к «перерезанию» залежей газа языками обводнения (Ленинградское, Майкопское), необоснованное объединение объектов эксплуатации – к образованию целиков газа по отдельным пластам (Староминское, Сердюковское) и т.д.

По мере накопления опыта такие ошибки не допускались на вновь вводимых месторождениях, но исправить положение на ранее эксплуатируемых месторождениях уже было нельзя.

На второй стадии проблемы эксплуатации, как и на первой, в основном относятся к месторождению в целом. Проблем в эксплуатации отдельных скважин (исключая приконтурные) ещё нет. При соблюдении известных теоретических положений существенных осложнений при эксплуатации на первой и второй стадиях не будет.

К началу третьей стадии из основной части месторождений уже отобрано более 50 % от начальных запасов газа, соответственно снизились пластовые давления и наметились пути вторжения контурных вод в газовые залежи.

Первоначально на третьей стадии превалируют проблемы, относящиеся к месторождениям в целом: регулирование темпов отбора для снижения активности обводнения, перераспределение отборов

по площади залежи для сохранения равномерности продвижения контуров, перераспределение отборов по месторождениям для создания оптимальных условий добычи из региона в целом и т.д.

По мере падения давления и снижения темпов отбора всё большее значение начинают получать проблемы эксплуатации отдельных скважин. Скорости потока флюидов не обеспечивают полный вынос пластовой жидкости из ствола скважин. К концу стадии скорости потока не обеспечивают вынос не только пластовой, но и сконденсировавшейся влаги газа, количество которой значительно увеличивается за счёт снижения температуры и давления в стволе скважины. Возникает проблема принудительного удаления жидкости.

Избирательное обводнение по разрезу и частичное разрушение призабойной зоны с увеличением разности между горным и пластовым давлениями приводят к увеличению количества подземных ремонтов.

Увеличивается также число профилактических ремонтов за счёт ревизии проработавших длительное время лифтовых труб. При низких пластовых давлениях возникает проблема предотвращения насыщения призабойной зоны промывочной жидкостью. Каждое глушение скважины может привести к резкому снижению продуктивности. Сроки освоения скважин после глушения составляют недели, а иногда и месяцы. Нередко отмечались случаи полной потери продуктивности.

На третьей стадии возникает ряд других проблем эксплуатации: подготовка газа к транспорту в условиях невозможности работы установок низкотемпературной сепарации: утилизация и захоронение увеличивающихся объёмов пластовых и технических жидкостей; подбор ингибиторов и поверхностно-активных веществ в условиях нестабильной работы предприятий-изготовителей.

С точки зрения эксплуатации скважин проблемы на заключительной стадии те же, что и на стадии падающей добычи, но с большим объёмом работ по капитальному ремонту.

Основной проблемой эксплуатации месторождений региона на заключительной стадии является организация вторичной добычи газа и конденсата из газовых и газоконденсатных залежей законченных разработкой или заканчивающих последнюю.

По оценкам экспертов, остаточные запасы газа, микрозащемлённого (в дальнейшем «защемлённый» газ) и макрозащемлённого (в дальнейшем «целики»), только в целиках составляют около 20 млрд м3 газа. При приросте запасов газа по новым месторождениям в 1–2 млрд м3 в год имеется прямой смысл методами гидропрослушивания определять размеры и положение указанных целиков и организовывать их эксплуатацию как нового месторождения с малыми запасами газа.

Впервые способ вторичной добычи газа из обводнённых пластов был запатентован в США (патент № 3134434, 1964 г.). В последующие годы был опубликован ещё ряд патентов США (патент № 4090564, 1978 г., № 4149598, 1979 г. и др.) и авторских свидетельств в СССР (№ 571107, 1977 г., № 784405, 1980 г., № 991785, 1982 г.). Основная идея всех патентов и авторских свидетельств заключается в создании условий для повышения подвижности защемлённого газа.

Вторичная добыча газа в дальнем зарубежье имеет довольно широкое применение. Данные о минимальных остаточных запасах, при которых вторичная добыча рациональна, в открытой печати не опубликованы, но утверждается, что затраты на организацию вторичной добычи газа окупаются в течение первых трёх лет.

Количество отбираемого газа при вторичной добыче колеблется в широких пределах и зависит от вложенных затрат.

Разведка и поиск месторождений с малыми запасами газа также является важной проблемой. Как правило, такие месторождения располагаются на небольших глубинах и распространены по всему региону. Кроме того, такие месторождения сопутствуют нижележащим месторождениям с большими запасами газа. Примером могут послужить эоценовые залежи газа Ленинградского и Сердюковского месторождений.

Для организации поисков можно использовать ликвидационный фонд скважин. Так, при оборудовании скважины № 5 Восточно-Коржинского месторождения (спутник Челбасского) под сброс пластовой воды была выявлена и введена в эксплуатацию газовая залежь майкопских отложений. При бурении скважины № 232 Кущёвского ПХГ была выявлена и введена в разведку газовая залежь на глубине 500 м.

Особой проблемой эксплуатации газодобывающего региона является создание подземных хранилищ газа. Помимо общих задач подземной гидрогазодинамики, необходимо решить вопрос о достаточной приёмистости (продуктивности) скважин. На Кущёвском ПХГ эта проблема решается путём бурения горизонтальных скважин. Опыт Кущёвского ПХГ показывает, что горизонтальные скважины успешно применяются и для эксплуатации газовых месторождений. Вместе с тем, многие направления работ, связанные с бурением этого вида, требуют совершенствования или новых решений на основании серьёзной научной проработки (геофизические измерения, капитальный ремонт, вынос шлама, цементирование, оборудование забоя горизонтальных скважин и т.д.).

Литература:

1. Месторождения с малыми запасами газа – источник поддержания уровня добычи газодобывающего региона с падающей добычей / Ю.М. Басарыгин [и др.] // Гипотезы. Поиск. Прогнозы: сборник научных трудов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2000. – С. 7–19.

2. Березовский Д.А., Батыров М.И. Анализ осложнений на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений Краснодарского края // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2014. – № 1. – С. 211–214.

3. Батыров М.И., Березовский Д.А., Савенок О.В. Разработка технологических решений на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений Краснодарского края // Нефть и газ – 2014: сборник тезисов 68-ой Международной молодёжной научной конференции (14–16 апреля 2014 года, г. Москва). – М. : Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2014. – С. 20.

4. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ осложнений при эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии и разработка метода прогнозирования состояния пород-коллекторов на основе методов междисциплинарного моделирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 26–34.

5. Березовский Д.А., Савенок О.В. Анализ современных методов и технологий, принимаемых на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений // ГеоИнжиниринг. – 2014. – № 2. – С. 86–89.

6. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.

7. Березовский Д.А., Савенок О.В. Использование колтюбинговых технологий при очистке от песка забоя скважины // Актуальные проблемы науки XXI века: материалы XVI Международной научно-практической конференции (30 ноября 2016 года, г. Москва). – М. : Международная исследовательская организация «Cognitio», 2016. – С. 74–80.

8. Технология проведения очистки скважин от песчаной пробки при проведении КРС на примере Конитлорского нефтяного месторождения / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 4. – С. 104–119.

9. Березовский Д.А., Савенок О.В. Особенности борьбы с гидратами природных газов при разработке месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XX Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке». – Харьков : научно-информационный центр «Знание», 2016. – Ч. 2. – С. 29–44.

10. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы предупреждения и ликвидации гидратообразования при эксплуатации газовых скважин на примере месторождения Узловое // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 82–108.

11. Березовский Д.А., Очередько Т.Б., Липулени О.Д.Э. Геологические основы для проектирования доразработки Некрасовского газоконденсатного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 74–93.

12. Кашкина К.В., Березовский Д.А., Савенок О.В. Разработка эффективной технологии эксплуатации газовых месторождений на завершающей стадии на примере месторождений Краснодарского края // Проблемы недропользования: международный форум-конкурс молодых учёных (23–25 апреля 2014 года, г. Санкт-Петербург). – СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2014. – С. 179.

13. Панцарников Д.С., Березовский Д.А., Савенок О.В. Методы предупреждения осложнений на завершающей стадии эксплуатации газовых месторождений Краснодарского края // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (20–23 мая 2014 года, г. Тюмень). – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2014. – С. 70–72.

14. Методы повышения извлечения и интенсификации добычи углеводородов на Юбилейном газоконденсатном месторождении / О.В. Савенок [и др.] // СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ– 2021: доклады XXII Международной молодежной научной конференции (17–19 марта 2021 года, г. Ухта). – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2021. – С. 438–441.

15. Методы интенсификации добычи и повышения коэффициента извлечения пластов на Роговском газовом месторождении / О.В. Савенок [и др.] // СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ– 2021: доклады XXII Международной молодежной научной конференции (17–19 марта 2021 года, г. Ухта). – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2021. – С. 451–455.

16. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутрипромыслового сбора, подготовки и учета продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH: материалы Международной научно-практической конференции (24 октября 2020 года, г. Краснодар): в 3 томах. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

References:

1. Fields with small gas reserves – a source of maintaining the level of production of a gas producing region with declining production / Yu.M. Basarygin [et al.] // Hypotheses. Search. Forecasts: a collection of scientific papers. – Krasnodar : LLC «Enlightenment-South», 2000. – P. 7–19.

2. Berezovsky D.A., Batyrov M.I. Analysis of complications at the final stage of operation of gas fields in the Krasnodar Territory // Problems of development of deposits of hydrocarbons and ore minerals. – 2014. – № 1. – P. 211–214.

3. Batyrov M.I., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Development of technological solutions at the final stage of operation of gas fields in the Krasnodar Territory // Oil and Gas – 2014: collection of abstracts of the 68th International Youth Scientific Conference (April 14–16, 2014, Moscow). – M. : Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkina, 2014. – P. 20.

4. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of complications during the operation of gas fields at the final stage and development of a method for predicting the state of reservoir rocks based on interdisciplinary modeling methods // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2014. – № 1. – P. 26–34.

5. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Analysis of modern methods and technologies adopted on the final stage of operation of gas fields // GeoEngi-neering. – 2014. – № 2. – P. 86–89.

6. Berezovsky D.A., Lavrentiev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating production // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.

7. Berezovsky D.A., Savenok O.V. The use of coiled tubing technologies in the cleaning of bottom hole sand // Actual problems of science of the XXI century: materials of the XVI International scientific and practical conference (November 30, 2016, Moscow). – M. : International research organization «Cognitio», 2016. – P. 74–80.

8. Technology of well cleaning from sand plug during well workover on the example of the Konitlorskoye oil field / D.A. Berezovskiy [et al.] // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – № 4. – P. 104–119.

9. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Features of the fight against natural gas hydrates during field development (on the example of the Severo-Stavropolskoye field) // Collection of articles of the scientific information center «Knowledge» based on the materials of the XX International Correspondence Scientific and Practical Conference «Development of Science in the XXI Century». – Kharkov : scientific information center «Knowledge», 2016. – Part 2. – P. 29–44.

10. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Methods for the prevention and elimination of hydrate formation during the operation of gas wells on the example of the Uzlovoe field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2017. – № 2. – P. 82–108.

11. Berezovsky D.A., Ocheredko T.B., Lipuleni O.D.E. Geological bases for the design of the additional development of the Nekrasovskoye gas and condensate field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2020. – № 1. – P. 74–93.

12. Kashkina K.V., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Development of an effective technology for the operation of gas fields at the final stage on the example of fields in the Krasnodar Territory // Problems of subsoil use: international forum-competition of young scientists (April 23–25, 2014, Saint-Petersburg). – SPb. : Saint-Petersburg Mining University, 2014. – P. 179.

13. Pantsarnikov D.S., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Methods for preventing complications at the final stage of exploitation of gas fields in the Krasnodar Territory // New technologies for the oil and gas region: materials of the All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation (May 20–23, 2014, Tyumen). – Tyumen : Tyumen Industrial University, 2014. – P. 70–72.

14. Methods for increasing the extraction and intensification of hydrocarbon production on the Yubileinoye gas and condensate field / O.V. Savenok [et al.] // SEVERGEOECOTECH – 2021: reports of the XXII International Youth Scientific Conference (March 17–19, 2021, Ukhta). – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2021. – P. 438–441.

15. Methods for intensifying production and increasing the reservoir recovery factor on the Rogovskoye gas field / O.V. Savenok [et al.] // SEVERGEOECOTECH – 2021: reports of the XXII International Youth Scientific Conference (March 17–19, 2021, Ukhta). – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2021. – P. 451–455.

16. Analysis and justification of technology and technical solutions for organizing a system for infield collection, preparation and accounting of products on the Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH: materials of the International Scientific and Practical Conference (October 24, 2020, Krasnodar): in 3 volumes. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2020. – Vol. 3. – P. 266–271.