



УДК 622.276

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РОЛЬ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

FEATURES OF DEVELOPMENT AND THE ROLE OF HYDROCHEMICAL CONTROL IN THE DEVELOPMENT OF GAS CONDENSATE FIELDS

Твердохлебов Иван Иванович

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры региональной и морской геологии, институт географии, геологии, туризма и сервиса, Кубанский государственный университет
ivivtv@mail.ru

Твердохлебова Юлия Ивановна

ведущий специалист, институт международного образования, Волгоградский государственный университет
gidrolog@volsu.ru

Доровский Александр Владимирович

начальник отдела морских изысканий, ООО «ВолгоградНИИГипрозем»
dorovsky_1982@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются особенности контроля разработки газоконденсатных месторождений, связанных с агрессивной средой добываемого сырья. Отсутствие возможности осуществлять регулярные геофизические исследования в эксплуатационных скважинах, способствует более широкому внедрению методов гидрохимического контроля.

Ключевые слова: Астраханское газоконденсатное месторождение, особенности разработки, агрессивная среда, эксплуатационные скважины, процессы обводнения, гидрохимический контроль.

Tverdokhlebov Ivan Ivanovich

Ph.D. in Geological and Mineral Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of Regional and Marine Geology, Institute of Geography, Geology, Tourism and Service, The Cuban State University
ivivtv@mail.ru

Tverdokhlebova Yulia Ivanovna

Leading Specialist, Institute of International Education Volgograd, Volgograd State University
gidrolog@volsu.ru

Dorovskiy Alexander Vladimirovich

Head of the Department of Marine Research of Volgograd NIIGiprozem LLC
dorovsky_1982@mail.ru

Annotation. The features of control over the development of gas condensate fields associated with the aggressive environment of the extracted raw materials are considered. The inability to carry out regular geophysical studies in production wells contributes to the wider introduction of hydrochemical control methods.

Keywords: Astrakhan gas condensate field, development features, aggressive environment, production wells, irrigation processes, hydrochemical control.

Технологической схемой освоения месторождений углеводородов, с учетом рациональной системы разработки, которая способствует более полному извлечению из пластов нефти и газа, предусматривается осуществление различных видов контроля. Однако, может возникнуть ситуация, при которой по ряду объективных причин невозможно осуществлять полноценный промыслово-геологический контроль.

В окружающей природной среде гидросфере принадлежит особое место. Подземные воды наиболее информативны вследствие тесной взаимосвязи с другими средами, повышенной восприимчивости к любому влиянию, в том числе техногенному, а также высокой подвижности. Следовательно, через наблюдение за пластовыми водами можно вести контроль за состоянием продуктивной толщи.

Для примера рассмотрим Астраханское газоконденсатное месторождение (АГКМ). Это уникальное месторождение. В его недрах содержится более 3,0 трлн м³ газа [1], с объемным содержанием метана около 50 %, и кислых компонентов — более 40 %. Пластовая смесь представляет собой недонасыщенную газоконденсатную систему. Давление начала конденсации 38–40 МПа, пластовая температура 110 °С. Залежь водоплавающая, минерализация подошвенных вод составляет 61 г/дм³ – 110 г/дм³. За контуром залежи минерализация воды повышается и достигает 147 г/дм³ [2]. Следует добавить, что пластовая смесь АГКМ представляет собой агрессивную газоконденсатную систему с высоким содержанием кислых компонентов (H₂S и CO₂) – более 40 %. Такая среда создает проблемы применения серийной исследовательской аппаратуры. С учетом вышесказанного на месторождении для наблюдения за попутными водами, выносимыми вместе с агрессивным сырьем, был организован гидрохимический контроль.

Гидрогеохимический метод разработан в определенной мере как альтернатива геофизическим методам, применяемым для контроля за обводнением отдельных пластов в разрезе скважины. Из-за



большой стоимости геофизических методов исследования в агрессивной газовой среде и отсутствия соответствующей материальной базы нет возможности осуществлять регулярные геофизические исследования в большинстве и тем более во всех эксплуатационных скважинах. Наоборот, гидрогеохимический метод контроля, практически не требующий специальной подготовки скважин и приобретения необходимого оборудования и аппаратуры, является исключительно оперативным, надежным, информативным и, что особенно важно, предупреждающим [3].

Астраханское месторождение характеризуется низкими коллекторскими свойствами ($m_{\text{сред}} = 12\%$) и ухудшением ФЭС к ГВК, отсутствием гидродинамической связи между водоносной и продуктивной частями залежи. Это способствовало созданию мнения о безводной эксплуатации месторождения на режиме истощения. Однако спустя 7 лет в продукции ряда эксплуатационных скважин появились подошвенные воды (рис. 1), и началось обводнение залежи [4].

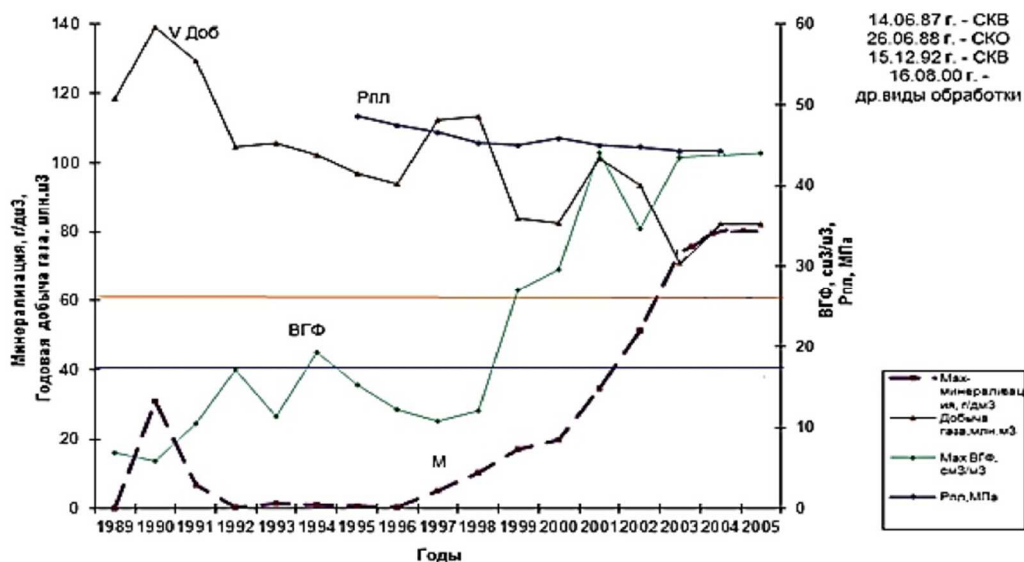


Рисунок 1 – График основных показателей эксплуатации по скв. № 8

Дальнейшее исследование показало, что основная причина обводнения связана с карбонатным коллектором. Как известно, трещиноватая зона карбонатных пород является хорошим проводником для быстрой миграции подошвенных вод в продуктивную часть к забоям работающих эксплуатационных скважин. Поступая в зоны депрессий, подошвенная вода заполняет все пустоты и трещиноватости, избирательно продвигаясь в направлении пониженных давлений по участкам с наиболее развитыми трещинами.

По результатам гидрохимического и гидродинамического контроля установлено, что обводняющиеся скважины расположены по площади месторождения бессистемно и способствовали формированию каналов, по которым в продуктивную часть поступают подошвенные воды.

Геофизическими наблюдениями, как и в предыдущие годы, подтверждено отсутствие перемещения ГВК, а режим залежи остается газонапорным [5]. Однако нарастающие объемы подошвенных вод и количество обводняющихся скважин, свидетельствуют о продолжающемся поступлении пластовых вод в коллектор и обводнении залежи.

Возникает проблема выяснения источника поступления пластовых вод в залежь. По мнению исследователей, обводнение месторождения происходит в основном за счет внутренних вод [6, 7]. Другие связывают этот процесс с подошвенными водами [8, 9, 10], имеется мнение об обводнении продукции внутренними и подошвенными водами [4]. Высказываются предположения о перетоках по заколонному пространству пластовых вод из вышележащих надсолевых и соленосных отложений. В этой связи авторами были проведены сопоставления показателей пластовых вод и показателей изменения солевого состава вод водоносных горизонтов АГКМ с выявлением критериев, позволяющих однозначно судить об источниках их поступления.

Гидрогеохимическими исследованиями [11] на территории юго-востока Прикаспийской впадины было установлено, что количество калия в подземных водах всех горизонтов увеличивается к центру впадины и уменьшается по мере затухания и исчезновения соляно-купольной тектоники. Такое положение свидетельствует о непосредственной связи концентрации этого элемента в водах района с выщелачиванием галогенной толщи кунгура на соляно-купольных структурах. Анализ имеющегося материала показал, что аналогичная ситуация распределения концентрации калия в пластовой воде наблюдается и на площадях юго-западной части Прикаспийской впадины (табл. 1).



Таблица 1 – Изменение концентрации калия (мг/дм³) по разрезу АГКМ

№ скв., площадь	Дата отбора	Глубина отбора, м	Возраст	Минерализация, г/дм ³	Концентрация иона калия, мг/дм ³	Примечание
115 АГКМ	25.05.90	1248–1218	К	262,9	298,2	Наблюдательная
1 Баритовая	02.04.96	2370–2390	Ј	226,8	897,0	Разведочная, надсолевые отложения
2 Цведелевская	07.12.93	2082–2088	Т	233,1	1755–2789	Разведочная надсолевые отложения
85-Н АГКМ	05.97	3364	Р ₁ kg	350,9	3364	Наблюдательная
66 АГКМ	20.04.93	4028–3984	С ₂ В	102,6	566	Эксплуатационная

По результатам материалов построена графическая зависимость содержания калия в пластовых водах АГКМ (рис. 2). Как видно из таблицы и рисунка наибольшая концентрация иона калия содержится в рапе соленосной толщи. По мере удаления вверх по разрезу от соленосной толщи концентрация калия снижается и составляет в водах мелового комплекса 298 мг/дм³. Вниз по разрезу в продуктивной толще калий отсутствует или доля его не превышает 18 мг/дм³ [12]. В пластовых водах, подстилающих продуктивную залежь концентрация калия увеличивается, и достигает 600–700 мг/дм³. Анализируя распределение калия по разрезу можно сделать предположение о возможности попадания пластовых вод надсолевого водоносного комплекса в продукцию эксплуатационных скважин в случае заколонных перетоков рапы сверху вниз.



Рисунок 2 – Распределение калия в водах АГКМ

Такой случай фиксировался в скважине № 61 [13]. Однако миграция рапы в значительных объемах в продуктивную толщу вызовет резкое увеличение минерализации и концентрации калия в попутных водах. Как показывают многолетние наблюдения за выносимыми водами, максимальная концентрация калия за весь период разработки составила 720 мг/дм³, а минерализация не превысила 137 г/дм³, т.е. рассматриваемые параметры находятся в пределах, характерных для подошвенных вод Астраханского месторождения и влияние на разработку месторождения рапоносных горизонтов в настоящее время не происходит.

Как показала практика [3, 4] методы гидрохимического контроля широко используются при контроле разработки газоконденсатных месторождений. Они позволяют решать множество задач, в том числе контроль за обводнением эксплуатационных скважин, определение типов и количества промысловых вод, прогнозирование направления миграции пластовых вод, мониторинг экологического и техногенного состояния продуктивной толщи и др.

**Литература:**

1. Скоробогатов В.А. Общее и особенное в формировании газовых и нефтяных месторождений-гигантов // Вести газовой науки. – 2012. – № 1 (9). – С. 5–16.
2. Технология газопромысловых гидрогеологических исследований / В.П. Ильченко [и др.]. – М. : Недра. 1997. – С. 272.
3. Взаимосвязь природных газов и воды / В.И. Петренко [и др.]. – М. : Недра, 1995. – 279 с.
4. Твердохлебов И.И. Методологии гидрогеохимического контроля разработки и освоения месторождений углеводородного сырья со сложным составом (монография) // Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2012. – 212 с.
5. Эффективность разработки Астраханского ГКМ / В.Ф. Перепеличенко [и др.] // Газовая промышленность. – 2002. – № 3. – С. 54–56.
6. Природа обводнения сложнопостроенных залежей углеводородов в условиях газового режима / В.Д. Щугорев [и др.] // Газовая промышленность. – 1999. – № 11. – С. 43–45.
7. Определение количества «отжатой» воды из плотных коллекторов / В.Д. Щугорев [и др.] // Газовая промышленность. – 1999. – № 11. – С. 51–53.
8. Серебряков О.И. Режим разработки Астраханского ГКМ // Газовая промышленность. – 1997. – № 11. – С. 30–31.
9. Серебряков О.И. Анализ внедрения воды в продуктивную залежь Астраханского ГКМ // Газовая промышленность. – 1997. – № 8. – С. 57–58.
10. Фадеева Г.А. Анализ причин обводнения эксплуатационных скважин Астраханского месторождения // Геология, геофизика и разработки нефтяных месторождений. – М. : ВНИИОЭНГ, 2000. – № 7. – С. 30–34.
11. Якуцени В.П. Гидрогеология Юго-Востока Прикаспийской впадины в связи с нефтегазоносностью. – Ленинград, 1961. – 233 с.
12. Севастьянов О.М. Инструкция по гидрохимическому контролю за эксплуатацией газовых скважин Астраханского ГКМ. – Оренбург : Волго-УралНИПИгаз, 1989.
13. Патент РФ; 2011813 (Приоритет от 18.06.91 г.) E21B47/00, G01V5/04. Способ определения межколонных и межпластовых перетоков в скважине и устройство для его осуществления / Заручаев Г.И., Тихонов В.Г., Рылов Е.Н. [и др.]. – Бюл. Изобретений. № 8, 1994.

References:

1. Skorobogatov V.A. General and special in the formation of gas and oil fields-giants // Vesti Gas Science. – 2012. – № 1 (9). – P. 5–16.
2. Technology of gas field gidrogeological research / V.P. Ilchenko [et al.]. – M. : Nedra. 1997. – 272 p.
3. Interrelation of natural gases and water / V.I. Petrenko [et al.]. – M. : Nedra, 1995. – 279 p.
4. Tverdokhlebov I.I. Methodologies of hydrogeochemical control of development and development of hydrocarbon deposits with a complex composition (monograph) // Astrakhan. statetech. un-t. – Astrakhan : Izd-vo AGTU, 2012. – 212 p.
5. Effectiveness of the development of the Astrakhan GCM / V.F. Perepelichenko [et al.] // Gas Industry. – 2002. – № 3. – P. 54–56.
6. The nature of watering of complex hydrocarbon deposits in the conditions of the gas regime / V.D. Shchugorev [et al.] // Gas Industry. – 1999. – № 11. – P. 43–45.
7. Determination of the amount of «squeezed water» from dense collectors / V.D. Shchugorev [et al.] // Gas Industry. – 1999. – № 11. – P. 51–53.
8. Serebryakov O.I. Mode of development of Astrakhan GKM // Gas industry. – 1997. – № 11. – P. 30–31.
9. Serebryakov O.I. Analysis of water introduction into the productive deposit of the Astrakhan GCM // Gas Industry. – 1997. – № 8. – P. 57–58.
10. Fadeeva G.A. Analysis of the causes of flooding of production wells of the Astrakhan field // Geology, geophysics and development of oil fields. – M. : VNIIOENG, 2000. – № 7. – P. 30–34.
11. Yakutseni V.P. Hydrogeology of the South-East of the Caspian Depression in connection with oil and gas content. – Leningrad, 1961. – 233 p.
12. Sevastyanov O.M. Instruction on hydrochemical control over the exploitation of gas wells of the Astrakhan GKM. – Orenburg : Volgo-UralNIPigaz, 1989.
13. Patent of the Russian Federation; 2011813 (Priority from 6/18/91) E21B47/00, G01V5/04. Method of determining intercolon and interlayer flows in the well and a device for its implementation / Zaruchaev G.I., Tikhonov V.G., Rylov E.N. [et al.]. – Bul. Invention. № 8, 1994.