

References

1. Baykov N. M. Zarubezhnyy opyt vnedreniya metodov uvelicheniya nefteotdachi [Foreign experience in the implementation of EOR]. *Neftyanaya promyshlennost za rubezhom* [Oil industry abroad], 2006, no. 7, pp. 120–122.
2. Balint V. *Primenenie uglekislogo gaza v dobyiche nefi* [The use of carbon dioxide in the production of oil], Moscow, 1977. 240 p.
3. Blagutina V. V. Okhota na CO₂ [Hunting CO₂]. *Khimiya i zhizn* [Chemistry and Life], 2006, no. 8, pp. 18–23.
4. Gumerov F. M. Perspektivy primeneniya dioksida ugleroda dlya uvelicheniya nefteotdachi plastov [Prospects for the use of carbon dioxide for enhanced oil recovery]. *Aktualnye voprosy issledovaniy plastovykh sistem mestorozhdeniy uglevodorodov* [Topical issues Research reservoir systems of hydrocarbon deposits], 2010, part II, pp. 93–108.
5. Kolokolcev S. N. *Prirodnye energonositeli i uglerodnye materialy* [Natural Fuels and Carbon Materials]. 2nd ed. Moscow, URSS Publ., 2015. 224 p.
6. Kolokolcev S. N. *Sovershenstvovanie tekhnologiy podgotovki i pererabotki uglevodorodnykh gazov* [Improved training techniques and processing of hydrocarbon gases], Moscow, URSS Publ., 2015. 600 p.
7. Kolesnikova S. A., Barmin A. N. Sostoyanie vozduшной среды v rayonakh osvoeniya krupnykh mestorozhdeniy uglevodorodnogo syrya [Air condition in the areas of development of large hydrocarbon deposits]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2011, no. 2, pp. 232–234.
8. Kuda det uglekislyiy gaz? [Where to put the carbon dioxide?]. *Nauka i zhizn* [Science and Life], 1999, no. 12, pp. 142.
9. CO₂ sequestration. *Anadarko Petroleum Corporation 2005*. Available at: http://www.Anadarko.com/global_activities/north_America/western_states/CO2_request.
10. Successful CO₂ sequestration and enhanced oil recovery project heads into phase II. *Environmental News Link*, 2005

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ И КОНДЕНСАТОВ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Серебрякова Валентина Ивановна, аспирант, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 18, e-mail: geotehnika@ausu.ru

Изложены исследования состава и геохимических свойств природных газов в пластовых условиях Астраханского газоконденсатного месторождения. Изучены физические параметры и состав пластовых систем. Приведен групповой углеводородный состав стабильного конденсата. Выделены токсичные элементы в составе газа. В распределении компонентов пластовых систем наблюдаются вертикальные и латеральные зональности их свойств и состава. Геохимические материалы подтверждают, что процессы формирования продуктивной залежи газоконденсатного месторождения еще не завершены к настоящему времени. Геохимические особенности природных газов Астраханского гигантского погруженного палеосвода позволяют заключить, что его надсолевое и подсолевое залежи представляют собой не изолированные геологические объекты, а генетически единую систему пластовых месторождений, в пределах которой углеводороды определялись в соответствии с геохимическими, термобарическими, хромографическими и диффузионными факторами.

Ключевые слова: газ, конденсат, геохимия, свойства, состав, формирование, миграция, диффузия

**GEOCHEMICAL PROPERTIES OF GASES AND CONDENSATES
OF THE ASTRAKHAN GAS-CONDENSATE FIELD**

Serebryakova Valentina I., post-graduate student, Astrakhan State Architectural and Construction University, 18 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: geotehnika@aucu.ru

Outlined composition and geochemical properties of natural gases at reservoir conditions of the Astrakhan gas condensate field. Investigated physical parameters and the composition of the layer systems. Given the group hydrocarbon composition of stable condensate. Selected toxic elements in the composition of the gas. In the distribution of the components of the layer systems observed vertical and lateral zoning of their properties and composition. Geochemical records confirm that the formation processes of the productive reservoir gas condensate field is not yet completed to date. Geochemical characteristics of natural gases of the Astrakhan giant submerged palowoda allow to conclude that its post-salt and pre-salt deposits are not isolated objects, but genetically uniform system of bedded deposits in which the hydrocarbons was determined in accordance with geochemical, temperature and pressure, chronographcertina and diffusion factors.

Keywords: gas, condensate, geochemistry, properties, composition, formation, migration, diffusion

В таблице 1 приведены составы пластового газа по результатам промысловых исследований скважин Астраханского газоконденсатного месторождения. КГФ по скважинам изменяется от 226,0 до 758,0 см³/м³, что связано с некоторым различием конденсатосодержания по площади месторождения.

Таблица 1

Геохимическая характеристика пластовых газов Астраханского месторождения

№ скв.	Интервал перфорации, м	Содержание компонентов, % мольные														
		CH ₄	C ² H ₄	C ₃ H ₈	iC ₄ H ₁₀	nC ₄ H ₁₀	iC ₅ H ₁₂	nC ₅ H ₁₂	iC ₆ H ₁₄	nC ₆ H ₁₄	C ₇ +B	N ₂	CO ₂	H ₂ S	He	H ₂
17	4000–4047	51,90	4,35	1,52	0,24	0,62	0,31	0,30	0,30	0,24	2,76	0,61	12,90	23,85	0,03	0,07
32	3958–4020	56,67	2,36	1,33	0,23	0,52	0,21	0,19	0,24	0,20	3,05	1,02	11,91	22,07		
8	3915–3936	47,65	2,25	0,88	0,16	0,41	0,22	0,31	0,28	0,56	3,65	0,53	18,66	24,44		
5	3990–4050	47,48	1,92	0,93	0,18	0,38	0,20	0,23	0,16	0,15	2,51	1,80	21,55	22,50	не опр.	0,01

73	3980–4012	48,21	52,43	51,92	58,10	54,93	50,81
		2,66	3,97	2,35	2,59	2,17	3,34
		1,02	1,61	1,07	1,12	1,03	1,08
		0,20	0,24	0,18	0,21	0,19	0,15
		0,40	0,59	0,45	0,55	0,44	0,34
		0,21	0,27	0,20	0,27	0,21	0,13
		0,22	0,29	0,23	0,26	0,19	0,15
		0,23	0,24	0,21	0,28	0,21	0,13
		0,20	0,23	0,19	0,22	0,20	0,17
		2,93	2,84	2,49	2,89	2,71	2,99
		0,42	0,69	0,54	0,77	0,56	0,46
		15,56	12,47	14,85	11,89	13,52	14,61
		27,72	24,13	25,32	20,81	23,58	25,60
		0,02			0,03	0,03	0,03
		0,00			0,01	0,03	0,01

Плотность стабильного (дегазированного) конденсата изменяется в пределах 793–805 кг/м³, дебутанизированного – 813–827 кг/м³. 95,06 % конденсата разогнано до температуры 520 °С, выше этой температуры остаток составил 4,94 % (табл. 2)

В стабильном конденсате ароматических углеводородов содержится 34,2 %, нафтеновых и метановых – 65,8 %. С повышением температуры отбора фракций содержание ароматических углеводородов растет, достигая 37,9 % во фракции 150–200 °С, во фракции 200–250 °С снижается до 32,8 %, затем увеличивается и достигает 52,7 % во фракции 450–500 °С (табл. 3).

Таблица 2

Физико-химические свойства стабильного конденсата

Наименование	Значение
Плотность, кг/м ³	798,0
Молекулярная масса, г/моль	130,49
Содержание серы, % масс:	
• общей	1,58
• меркаптановой	1952 мг/дм ³
• сероводородной	6,4 мг/дм ³
Содержание, % масс.	
– механических примесей	0,303
– парафинов	1,690
– хлоридов, мг/л	4,590
– нейтральных смол	5,490
– кислых смол	1,064
– асфальтогенных кислот	0,250
– асфальтенов	0,050
– воды	–

Температура застывания, °С	-30
Вязкость, мПа·С при +20 °С + 50 °С	2,40 0,77
Коэффициент рефракции, n_D^{20}	1,4552
Йодное число, г/100 г	2,73

Давление начала конденсации ($P_{НК}$) пластовой смеси АГКМ колеблется в пределах 36,0–42,0 МПа, давление максимальной конденсации ($P_{м.к.}$) в пределах 10,0–12,0 МПа. Коэффициент конечной конденсатоотдачи при разработке на истощение ($P_{кон} = 0,1013$ МПа) составит 0,62–0,69.

Микрокомпонентный состав пластовой смеси АГКМ разделяется на четыре группы:

1) в первую группу входят шесть элементов с максимальной концентрацией (от 10 до 2120 мкг/м³), включая хром, селен, цинк, ртуть;

2) вторая группа включает в себя Се, As, Br, Sb, Cd, W, Co, Ba, SrK, Cs. Содержание элементов существенно ниже, чем в первой группе – от 0,28 до 3,46 мкг/м³;

3) третья группа включает La, Sc, Au, Sm с очень низким содержанием – от 0,024 до 0,093 мкг/м³;

4) четвертая группа – Yв, Th, Eu, Lu, Hf – (< 0,060 – < 0,014).

Высокое содержание селена (125 мкг/м³) свидетельствует о возможной связи АГКМ с глубинными зонами, что подтверждается также заметным количеством ртути и мышьяка.

Таблица 3

Групповой углеводородный состав стабильного конденсата

Температурные пределы отбора фракции, °С	Выход фракций, % масс.	Содержание углеводородов, % масс.					
		на фракцию			на конденсат		
		ароматические	нафтеновые	метановые	ароматические	нафтеновые	метановые
до 60	3,4	–	2,2	97,8	–	0,1	3,3
60–95	6,0	3,1	24,7	72,2	0,2	1,5	4,3
95–122	8,1	12,8	31,8	55,4	1,0	2,6	4,5
122–150	11,4	27,9	24,5	47,6	3,2	2,8	5,4
150–200	17,4	37,9	15,6	46,5	6,6	2,7	8,1
200–250	9,3	32,8	26,9	40,3	3,1	2,5	3,7
250–300	11,2	38,3	20,9	40,8	4,3	2,3	4,6
300–350	9,6	34,1	65,9		3,3	6,3	
350–400	7,0	48,3	51,7		3,4	3,6	
400–450	5,3	52,2	47,8		2,8	2,5	
450–500	3,8	52,7	47,3		2,0	1,8	
выше 500	7,5	57,2	42,8		4,3	3,2	
НК–200	46,3	23,8	20,9	55,3	11,0	9,7	25,6
НК–300	66,8	27,5	21,7	50,8	18,4	14,5	33,9
НК–400	83,4	30,1	69,9		25,1	58,3	
НК–500	92,5	32,3	67,7		29,9	62,6	
на конденсат	100,00				34,2	65,8	

Представляют интерес экспериментальные исследования на скважинах по изменению состава газа и выхода конденсата в зависимости от условий сепарации. На скважинах месторождения средний выход конденсата на режимах от 8 до 12 мм изменялся от 93 до 218 см³/м³. В зависимости от этого содержание сероводорода в газах сепарации менялось от 22 до 29 %, а углекислого газа – от 15 до 19 %.

Для Астраханской залежи отношение МЦП/ЦГ = 5 позволяет предположить, что геологического времени после формирования залежи было недостаточно для установления взаимного геохимического равновесия газовых компонентов с термобарическими условиями ее существования. Астраханский конденсат обогащен алканами, однако в них преобладают УВ изомерного строения. Среди гексанов содержание изомерных достигает 75 %. Повышенное содержание изомерных алканов, так же как и цикланов, свидетельствует о геохимической молодости конденсатов, т.е. о начальной стадии их преобразования.

Газ при миграции по описанному выше принципу вытеснил нефть из пределов данной ловушки. В пользу этого может свидетельствовать получение нефтей на площадях по периферии Астраханского свода. На Пионерской и Высоковской площадях нефти получены из нижнепермских, на Юртовской, Разночиновской, Тинакской, Бешкульской, Верблюжьей, Кирикилинской площадях – из среднеюрских отложений.

Геохимическая характеристика природных газов Астраханского свода позволяет считать, что его надсолевые и подсолевые залежи представляют не изолированные месторождения УВ, а генетически единую систему пластовых месторождений, в пределах которых углеводороды распределялись в соответствии с геохимическими, термобарическими, миграционно-хроматографическими и диффузионными факторами.

Список литературы

1. Аббасов И. А. Обзорная информация / И. А. Аббасов, Д. А. Мирзоев, В. М. Пирбудагов // Сер. Геология и разведка морских нефтяных и газовых месторождений. – 1980. – Вып. 3. – С. 1–9.
2. Алиханов Э. Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Южно-Каспийской впадины / Э. Н. Алиханов, А. А. Геодекян. – Москва : Наука, 1966. – С. 65.
3. Баба-Заде Б. К. Классификация залежей нефти и газа Азербайджана / Б. К. Баба-Заде. – НЕПР, 1960. – С. 78.
4. Багир-Заде Ф.М., Керимов К.М. Юрские отложения Куринской и Южно-Каспийской впадин / Баку, 1985. – С. 118 – 120.
5. Бакиров А. А. Главнейшие этапы развития взглядов на происхождение нефти в отечественной науке / А. А. Бакиров. Осква : Гостоптехизат, 1955. – С. 15.
6. Безродных Ю. П. Биостратиграфия, строение верхнечетвертичных отложений и некоторые черты палеогеографии Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, Б. Ф. Ромашов, Р. Д. Магомедов, В. М. Сорокин, О. Б. Парунин, Е. В. Бабак // Стратиграфия, геологическая корреляция. – 2004. – № 1. – С. 114–124.
7. Безродных Ю. П. Особенности строения и состав верхней части четвертичной толщи Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, В. М. Сорокин // Геология океанов и морей : тезисы доклада XIII Международной школы морской геологии. – Москва : ГЕОС, 1999. – С. 93–94.
8. Безродных Ю. П. Применение сейсмоакустических и сейсмических методов для изучения газоносности грунтов Северного Каспия / Ю. П. Безродных, С. В. Делия, В. П. Лисин // Экология, инженерная геология, гидрогеология, геохронология. – 2001. – № 5. – С. 476–480.
9. Бембеев А. В. Прогнозирование нефтегазоносности палеозойских отложений юго-западной части прикаспийской впадины по комплексу геолого-геохимических данных : автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. / А. В. Бембеев. – Ставрополь : Ставропольский государственный технический университет, 1998. – С. 22.

10. Вартанян Г. С. Экогеологическое картирование: методология, опыт, направление развития / Г. С. Вартанян, М. С. Голицин, В. Н. Островский и другие // Разведка и охрана недр. – 2000. – № 5. – С. 25–27.
11. Варущенко С. И. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов и палеовремени / С. И. Варущенко, А. Н. Варущенко, Р. К. Клиге. – Москва : Наука, 1987. – 240 с.
12. Вебер В. В. Нефтеносные фации / В. В. Вебер. – Москва : Гостехиздат, 1947. – С. 86.
13. Гаджиев А. Н. Тектоника и нефтегазоносность Туркменского шельфа Каспия по комплексу геолого-геофизических данных / А. Н. Гаджиев, Ф. Г. Рагимханов, А. И. Кабанов и другие // Обзорная информация. – 1986. – Вып. 5. – 36 с.
14. Геодекян А. А. Геохимические показатели и основные закономерности состава природных газов / А. А. Геодекян, М. А. Корабельников. – Москва : Академия наук СССР, 1960. – С. 85.

References

1. Abbasov I. A., Mirzoev D. A., Pirbudagov V. M. Obzornaya informatsiya [Overview]. *Seriya Geologiya i razvedka morskikh neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology and Investigation of Sea Oil and Gas Fields], 1980, issue 3, pp. 1–9.
2. Alikhanov E. N., Geodekyan A. A. *Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosnosti Yuzhno-Kaspiyskoy vpadiny* [Geological structure and prospects of oil-and-gas content of the Southern Caspian hollow], Moscow, Nauka Publ., 1966, pp. 65.
3. Baba-Zade B. K. *Klassifikatsiya zalezhey nefi i gaza Azerbaydzhana* [Classification of deposits of oil and gas of Azerbaijan], NYePR, 1960, pp. 78.
4. Bagir-Zade F. M., Kerimov K. M. *Yurskie otlozheniya Kurinskoy i Yuzhno-Kaspiyskoy vpadin* [Yursky of adjournment Kurinsky and Southern Caspian hollows], Baku, 1985, pp. 118–120.
5. Bakirov A. A. *Glavneyshie etapy razvitiya vzglyadov na proiskhozhdenie nefii v otechestvennoy nauke* [The main stages of development of views of an oil origin in domestic science], Oskva, Gostoptekhizdat Publ., 1955, pp. 15.
6. Bezrodnykh Yu. P., Deliya S. V., Romashov B. F., Magomedov R. D., Sorokin V. M., Parunin O. B., Babak Ye. V. Biostratigrafiya, stroenie verkhnechetvertichnykh otlozheniy i nekotorye cherty paleogeografii Severnogo Kaspiya [Biostratigraphy, structure verkhnechetvertichnykh of deposits and some lines of paleogeography of the Northern Caspian Sea]. *Stratigrafiya, geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy, Geological Correlation], 2004, no. 1, pp. 114–124.
7. Bezrodnykh Yu. P., Deliya S. V., Sorokin V. M. Osobennosti stroeniya i sostav verkhney chasti chetvertichnoy tolshchi Severnogo Kaspiya [Features of a structure and structure of the top part of quaternary thickness of the Northern Caspian Sea]. *Geologiya okeanov i morey : tezisy doklada XIII Mezhdunarodnoy shkoly morskoy geologii* [Geology of Oceans and Seas. Proceedings of the XIII International School of Sea Geology], Moscow, GYeOS Publ., 1999, pp. 93–94.
8. Bezrodnykh Yu. P., Bezrodnykh Yu. P., Deliya S. V., Lisin V. P. *Primenenie seysmoakusticheskikh i seysmicheskikh metodov dlya izucheniya gazonosnosti gruntov Severnogo Kaspiya* [Application of seismoacoustic and seismic methods for studying of gas content of soil of the Northern Caspian Sea]. *Ekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya* [Ecology, Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology], 2001, no. 5, pp. 476–480.
9. Bembeev A. V. *Prognozirovanie neftegazonosnosti paleozoyskikh otlozheniy yugo-zapadnoy chasti prikaspiyskoy vpadiny po kompleksu geologo-geokhimicheskikh dannykh* [Forecasting of oil-and-gas content of Paleozoic deposits of southwest part of Caspian Depression on a complex of geological and geochemical data], Stavropol, Stavropol State Technical University Publ. House, 1998, pp. 22.
10. Vartanyan G. S., Golitsin M. S., Ostrovskiy V. N., et al. *Ekogeologicheskoe kartirovanie: metodologiya, opyt, napravlenie razvitiya* [Ecogeological mapping: methodology, experience, direction of development]. *Razvedka i okhrana neдр* [Investigation and protection of a subsoil], 2000, no. 5, pp. 25–27.
11. Varushchenko S. I., Varushchenko A. N., Klige R. K. *Izmenenie rezhima Kaspiyskogo morya i besstochnykh vodoemov i paleovremeni* [Change of the mode of the Caspian Sea and drainless reservoirs and paleovremeni], Moscow, Nauka Publ., 1987. 240 p.
12. Veber V. V. *Neftenosnye fatsii* [Neftenosnye's weber of facies], Moscow, Gostekhizdat Publ., 1947, pp. 86.
13. Gadzhiev A. N., Ragimkhanov F. G., Kabanov A. I., et al. *Tektonika i neftegazonosnost Turkmenskogo shelfa Kaspiya pokompleksu geologo-geofizicheskikh dannykh* [Tectonics and oil-and-gas content of the Turkmen shelf of the Caspian Sea to pokompleks of geologic-geophysical data]. *Obzornaya informatsiya* [Overview], 1986, issue 5. 36 p.
14. Geodekyan A. A., Korabelnikov M. A. *Geokhimicheskie pokazateli i osnovnye zakonomernosti sostava prirodnykh gazov* [Geochemical indicators and main regularities of composition of natural gases], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ. House, 1960, pp. 85.