

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 550.84

Н. В. Дегтярёва

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГЛУБОКОПОГРУЖЁННЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Рассмотрены гидрогеологические особенности подземных вод нефтегазоносных палеозойских комплексов Северо-Западного Прикаспия. Дана характеристика рассолов водоупорной сульфатно-галогенной толщи кунгурского яруса. Описаны изменения минерализации вод нижней гидрогеодинамической системы. Отмечена инверсия значений минерализации от 290 до 60 г/л вниз по разрезу от кунгурского яруса. Анализ имеющихся данных позволил разделить воды, залегающие в палеозойском (подсолевом) разрезе изучаемой территории, на два типа: гидрокарбонатно-натриевый (NaHCO_3), хлоркальциевый (CaCl_2). Разделение вод на химические типы проводилось по классификации В. А. Сулина. Особое значение придаётся водам хлоркальциевого типа, указывающим на гидрогеологическую закрытость недр и, соответственно, на благоприятную геологическую среду образования углеводородных залежей. Учитывается минерализация подземных вод подсолевых каменноугольных отложений Астраханского свода с концентрацией, не превышающей 130 г/л и, следовательно, характеризующей весьма замедленный водообмен.

Ключевые слова: подземные воды, Северо-Западный Прикаспий, Астраханский свод, палеозой, кунгурский ярус, водоносные комплексы, нижний гидрогеологический этаж, минерализация, инверсионная гидрохимическая зональность, гидрогеологическая закрытость.

Введение

Как известно, под термином «гидрогеологическая закрытость» понимается комплекс условий, определяющих недопустимость проникновения вод поверхностного типа в исследуемые участки толщ. Гидрогеологическая закрытость является значением многих природных факторов и поэтому истинному количественному учёту не поддаётся. Тем не менее критериями закрытости являются типы вод, степень их минерализации, метаморфизация и содержание некоторых веществ [1]. Таким образом, можно рассмотреть гидрохимические показатели гидрогеологической закрытости недр.

Гидрохимические показатели гидрогеологической закрытости недр

Подземная гидросфера Северо-Западного Прикаспия имеет двучленное строение и разделена мощной соленосной флюидоупорной толщей кунгурского яруса (рис. 1) [2].

Экранирующая толща кунгура разделяет надсолевой и подсолевой водоносные комплексы, сопоставляемые соответственно с верхним и нижним гидрогеологическими этажами. Пластовые воды подсолевого водоносного комплекса на территории Северо-Западного Прикаспия хорошо изучены (рис. 2) [3].

Рассолы кунгурской толщи характеризуются весьма высокой соленосностью (от 232 до 500 г/л) и значительной концентрацией микроэлементов (табл. 1). Рапа насыщена сульфатами (SO_4) до предельных значений и характеризуется повышенными значениями концентрации гидрокарбонатов (HCO_3).

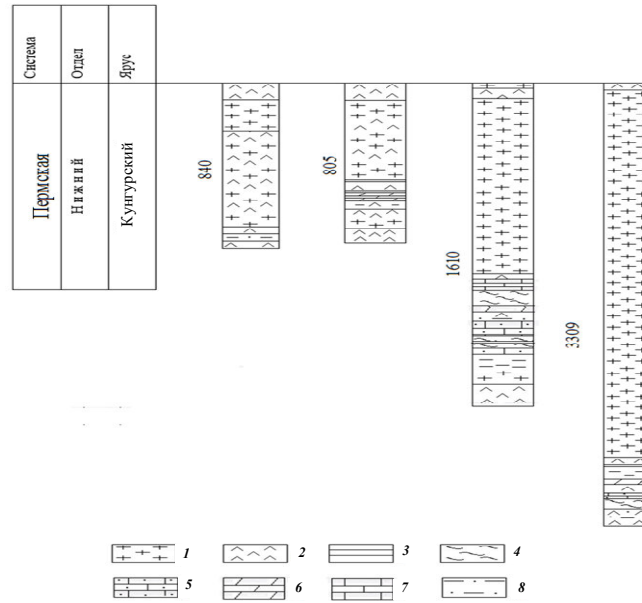


Рис. 1. Схема сопоставления кунгурских отложений юго-западной части Прикаспийской впадины:
 1 – соль; 2 – ангидрит; 3 – аргиллит; 4 – алевролит; 5 – песчаник; 6 – доломит;
 7 – известняк; 8 – мергель глинистый

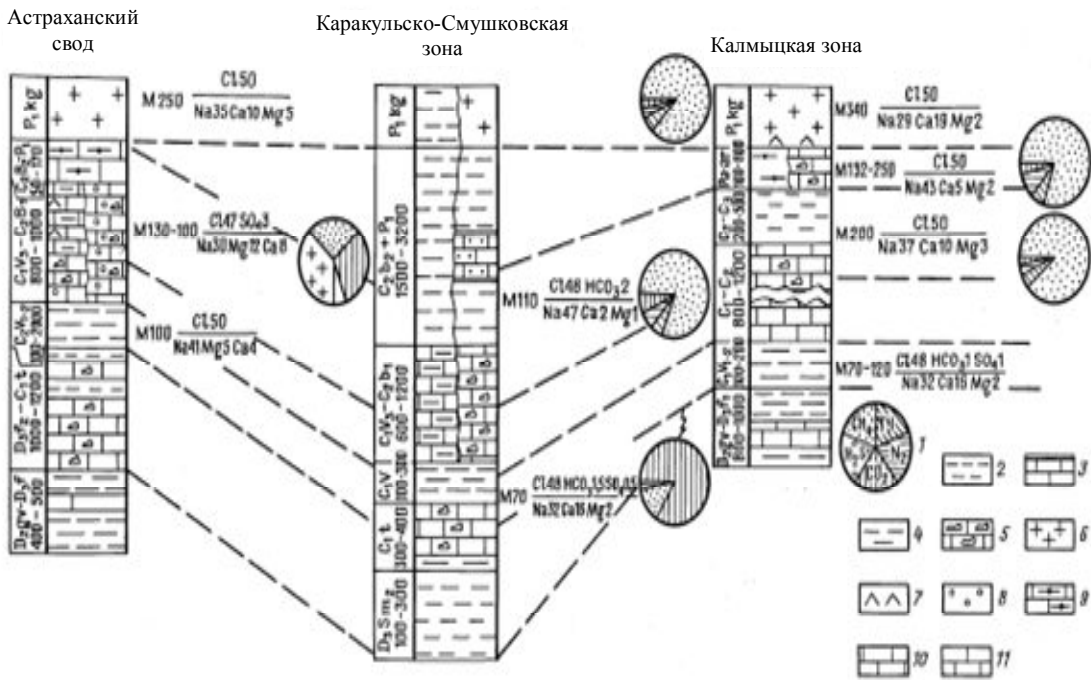


Рис. 2. Схема распространения водоносных комплексов в подсолевых отложениях юго-западной части Прикаспия:
 1 – состав водорастворённых газов; 2 – глины, аргиллиты; 3 – известняки мелководные хемогенные;
 4 – алевролиты, песчаники; 5 – известняки мелководные органогенные; 6 – каменная соль; 7 – ангидриты;
 8 – газ, конденсат; 9 – известняки глубоководные; 10 – известняки глинистые;
 11 – терригенно-карбонатные породы

**Характеристика рассолов кунгурской соленосной толщи
Северо-Западного Прикаспия [3]**

Площадь, номер скважины	Интервал (глубина) опробования, м	Минерализация, г/л	<i>r</i> (Na/Cl)	SO ₄ , мг/л	HCO ₃ , мг/л
Каракульская 5	Устье	495	0,6	52	195
Аксарайская 3	3733	414	0,59	721	328
Каракульская 2	3631	343	0,96	720	134
Заволжская 1	2510–2514	256	0,96	422	73
Ширяевская 10	3302	335	0,80	317	97
Астраханская 86	3295–3304	290	0,85	583	61
Астраханская 203	3570–3605	326	0,73	374	274
Астраханская 85	3440–3368	232	0,86	408	221

Нижний гидрогеологический этаж характеризуется наличием инверсионной гидрохимической зональности, т. е. снижением минерализации вниз по разрезу от галогенной толщи кунгура [4]. На региональном фоне вниз по разрезу каменноугольных отложений минерализация вод меняется в широком диапазоне – от 290 до 60 г/л, т. е. отчётливо проявляется гидрогеохимическая инверсия [4]. Подтверждением может служить минерализация вод нижнекаменноугольных отложений Каракульско-Смушковской зоны поднятий Северо-Западного Прикаспия, где содержание растворённых веществ в воде составляет 60–70 г/л.

По мере погружения увеличивается содержание гидрокарбонатов и уменьшается концентрация сульфатов. Низкое содержание сульфатов в составе вод можно объяснить процессом катагенной сульфатредукции [1, 3].

Гидрохимические условия закрытости недр Северо-Западного Прикаспия характеризуются значениями коэффициентов по классификации В. А. Сулина [4]:

$$\frac{rNa + rNa - rCl}{rCl - SO_4}, \frac{rCl - rNa}{SO_4}.$$

Согласно [3, 4], в подсолёвых отложениях Северо-Западного Прикаспия встречаются в основном воды двух типов: гидрокарбонатно-натриевые (NaHCO₃) и хлоркальциевые (CaCl₂) (табл. 2). Известно, что наличие вод хлоркальциевого типа характерно для гидрогеологически закрытых недр, формируются они не на поверхности, а в гидрогеологически закрытой среде, подобной среде образования залежей углеводородов [1]. Так, на Астраханском газоконденсатном месторождении (АГКМ) распространены в основном хлоркальциевые воды с содержанием, мг/л; фтора (F) – 0,6–1,7, стронция (Sr) – 54,1–272,5, лития (Li) – 18,3–26,3, брома (Br) – 16,5–64,0, калия (K) – 450–475.

Таблица 2

Основные гидрохимические показатели подошвенных вод АГКМ [4]

Компонент, мг/л	Тип подошвенных вод	
	Хлоркальциевый (CaCl ₂)	Гидрокарбонатно-натриевый (NaHCO ₃)
Кальций-ион Ca ²⁺	2100	700
Калий-ион K ⁺	470	–
Натрий-ион Na ⁺	28000	2740
Магний-ион Mg ²⁺	600	200
Аммоний-ион NH ₄ ⁺	115	115
Хлор-ион Cl ⁻	51300	38000
Сульфат-ион (SO ₄) ²⁻	510	200
Гидрокарбонат-ион HCO ₃ ⁻	1760	6200
Бром-ион Br ⁻	34	100
Бор B	71	76
Общая минерализация, г/л	88	70
Плотность, г/см ³	1,057	1,043

Реже встречающиеся гидрокарбонатно-натриевые воды развиты в виде мозаичной оторочки, местами подстилающей газоконденсатную залежь [4].

Отличительная особенность подземных вод, сопутствующих нефтегазоконденсатным месторождениям, – их минерализация. Высокий уровень минерализации воды является индикатором гидрогеологической закрытости недр и, соответственно, указывает на благоприятные условия сохранения углеводородов [1, 3]. В целом в подсолевых каменноугольных отложениях минерализация вод на Астраханском своде не превышает 130 г/л [3]. Такие значения объясняются тем, что зоны нефтегазонакопления отличаются некоторым замедленным водообменом, а следовательно, застойным гидрологическим режимом. Ловушки для углеводородов являются также и ловушками для воды, поэтому воды в ловушках являются метаморфизованными и характеризуются повышенной минерализацией [3].

Заключение

Минерализация вод в подсолевых каменноугольных отложениях Астраханского свода, достигающая 130 г/л, отражает наиболее благоприятные условия существования углеводородных залежей. В большинстве случаев воды относятся к хлоркальциевому типу, что характерно в случае хорошей гидрогеологической закрытости недр. Таким образом, гидрохимические данные позволяют полагать, что в пределах исследуемой территории могут быть дополнительные углеводородные скопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мерчева В. С. Гидрохимические критерии нефтегазоносности Прикаспийской синеклизы / В. С. Мерчева, Т. С. Смирнова // Астрахан. вестн. эколог. образования. 2013. № 3 (25). С. 115–123.
2. Воронин Н. И. Особенности геологического строения и нефтегазоносность юго-западной части Прикаспийской впадины: учеб. пособие / Н. И. Воронин. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2009. 168 с.
3. Ильченко В. П. Нефтегазовая гидрогеология подсолевых отложений Прикаспийской впадины / В. П. Ильченко; под ред. Е. В. Стадника. М.: Недра, 1998. 288 с.
4. Масленников А. И. Особенности солевого состава пластовых вод Астраханского газоконденсатного месторождения / А. И. Масленников, Ж. В. Калашник // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2008. № 6 (47). С. 116–118.

Статья поступила в редакцию 17.10.2014

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Дегтярёва Наталья Васильевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Геология нефти и газа»; dnv2020@mail.ru.



N. V. Degtyareva

HYDROCHEMICAL FEATURES OF GROUNDWATERS OF DEEPLY SET OIL AND GAS COMPLEXES IN THE NORTH-WEST CASPIAN AREA

Abstract. Hydrogeological features of ground waters of oil-and-gas Paleozoic complexes of the North-West Caspian sea area have been considered. Salt brines of waterproof sulfate-halogen depth of the Kungurian stage are characterized. The changes of mineralization of waters of the lower hydrogeodynamic system have been described. The inversion of values of mineralization from 290 to 60 g/l down the section from the Kungurian stage has been noted. The carried-out analysis of the available data allowed to divide the waters lying in the Paleozoic (subsalt) section of the studied territory into two types: hydrocarbonate-sodium (NaHCO_3) and chlorine-calcium (CaCl_2). At the same time, the division of waters into chemical types was carried out according to V. A. Sulin's classification. Special significance is attached to the waters of chlorocalcite type indicating hydrogeological closure of subsurface resources, and, respectively, the favorable geological environment of hydrocarbonic de-

posits formation. The mineralization of underground waters of subsalt coal formation of Astrakhan Anticline with the concentration, which does not exceed 130 g/l and, therefore, characterizing very slowed down water exchange has been taken into consideration.

Key words: subsurface waters, Northwest Caspian Sea area, Astrakhan Anticline, Paleozoic, Kungurian stage, water-bearing complexes, ground hydrogeological deck, salinity, inversion hydrochemical zonality, geological closeness.

REFERENCES

1. Mercheva V. S., Smirnova T. S. *Gidrokhimicheskie kriterii neftegazonosnosti Prikaspiiskoi sineklizy* [Hydrochemical criteria of oil and gas of the Near-Caspian tectonic depression]. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniia*, 2013, no. 3 (25), pp. 115–123.
2. Voronin N. I. *Osobennosti geologicheskogo stroeniia i neftegazonosnost' iugo-zapadnoi chasti Prikaspiiskoi vpadiny* [Features of geological structure and oil and gas fields of the south-west part of the Near-Caspian cavern]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2009. 168 p.
3. Il'chenko V. P. *Neftegazovaia gidrogeologiya podsolevykh otlozhenii Prikaspiiskoi vpadiny* [Oil and gas hydrogeology of subsalt deposits of the Near-Caspian cavern]. Pod redaktsiei E. V. Stadnika. Moscow, Nedra Publ., 1998. 288 p.
4. Maslennikov A. I., Kalashnik Zh. V. *Osobennosti solevogo sostava plastovykh vod Astrakhanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniia* [Features of salt composition of the stratal waters of the Astrakhan gas-condensate field]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, no. 6 (47), pp. 116–118.

The article submitted to the editors 17.10.2014

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Degtyareva Natalya Vasilyevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Geology of Oil and Gas"; dnv2020@mail.ru.

