

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Мязина Наталья Григорьевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Оренбургский Государственный университет
460018, Российская Федерация, г. Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: geologia@mail.osu.ru ; miazinanatalia@rambler.ru

В статье рассмотрена вертикальная гидрогеохимическая зональность Прикаспийской впадины как области развития солянокупольной тектоники. Надсолевая часть осадочного чехла охватывает гидрогеологические комплексы интенсивного, затрудненного и весьма затрудненного водообмена верхней напорной, гидрогеодинамической системы. Относительно водоупорная сульфатно-галогенная толща кунгурского яруса разделяет верхнюю гидродинамическую систему надсолевой толщи от нижней. В подсолевой части расположена нижняя подсолевая гидрогеодинамическая система. Она состоит из зон квазистойного режима и опресненных вод кристаллического фундамента. В пределах Северо-Каспийского артезианской зона интенсивного водообмена территориально приурочена к долине рек Волги и Ахтубы. Она представлена подземными водами гидрокарбонатными, сульфатно-хлоридными, хлоридными, разного катионного состава с минерализацией 1–3 г/дм³. Зона затрудненного гидрогеодинамического режима представлена сульфатно-хлоридными и хлоридно-сульфатными, хлоридными солеными водами с минерализацией 1–36 г/дм³. Она развита повсеместно в кайнозойских отложениях. Зона весьма затрудненного водообмена представлена двумя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриевыми инфильтрационными рассолами выщелачивания каменных солей в областях примыкания к соляным куполам и отрогам, 2) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами с минерализацией 36–350 мг/дм³. Галогенный солевой (водоупорный) этаж представлен хлоридными магниевыми (натриево-магниевыми) реликтовыми маточными рассолами пермских палеобассейнов с величиной минерализации 349–540 г/дм³. Нижний подсолевой этаж состоит из двух зон квазистойного режима и вод зоны кристаллического фундамента. Первая зона находится в отложениях карбона и верхнего девона. Вторая подзона в отложениях рифея и нижнего девона представлена двумя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами; 2) хлоридными натриевыми инфильтрационными диффузионными рассолами выщелачивания каменных солей в артинско-ассельских и верхнекаменноугольных отложениях с минерализацией до 100–150 г/дм³, в отдельных случаях до 200 г/дм³. В кристаллическом фундаменте содержатся опресненные воды с минерализацией от единиц до десятков г/дм³. При формировании палеоавлакогенов, палеорифтов, надвиговых структур по разделяющим их разломам происходят движения флюидов в этих разломах и окружающих их покровах и блоках земной коры.

Ключевые слова: подземная гидросфера, Северо-Каспийский артезианский бассейн, вертикальная зональность, зоны водообмена, относительно водоупорная сульфатно-галогенная толща, гидродинамическая система, палеоавлакогены, палеорифты, надвиговые структуры, флюиды, рассолы, химический состав и минерализация

VERTICAL HYDROGEOCHEMICAL ZONING OF UNDERGROUND WATER OF CASPIAN BASIN

Myazina Natalya G.

C. Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor

Orenburg State University

13 Pobeda ave., Orenburg, 460018, Russian Federation

E-mail: geologia @ mail.osu.ru ; miazinanatalia@rambler.ru

In this article the vertical hydrogeochemical zoning Caspian basin as development salt dome tectonics. Part of the post-salt sedimentary cover includes hydrogeological complexes intense, difficult and highly hindered water exchange top pressure, Hydrogeodynamic system. Relatively water-resistant sulfate-halogen Kungurian thickness separates the top tier of the hydrodynamic system of post-salt strata from the bottom. In the lower part there is the subsalt subsalt Hydrogeodynamic system, which consists of zones kvazizastoyngo regime and brackish waters of the crystalline basement. Within the North Caspian region artbasseyna intensive water exchange is territorial confined to the valley of the rivers Volga and Akhtuba. She is represented by groundwater bicarbonate, sulfate and chloride, the chloride, a different cation composition with mineralization 3.1 g/dm³. Is confined to the alluvial-marine Khazar Khvalynskaya and srednechetvertichno-modern alluvial deposits. Area of difficulty Hydrogeodynamic regime represented sulfate-chloride and chloride-sulfate, chloride salt water with a salinity of 1-36 g/dm³. It is developed throughout the Cenozoic sediments. Zone rather hindered water exchange is represented by two major geochemical and genetic types: 1) sodium chloride brine leaching infiltrgennymi rock salt in the areas adjoining to salt domes and ridges, 2) chloride sodium-calcium (calcium-sodium) sedimentogene brines with mineralization 36-350 mg /dm³. Halogen salt (waterproof) floor before magnesium chloride (sodium and magnesium) relict Permian paleobasins mother liquor to the value of mineralization 349-540 g/dm³. Subsalt lower floor consists of two zones kvazizastoyngo regime and water zones of the crystalline basement. The first zone is located in the sediments of the Carboniferous and Upper Devonian sediments in the second subband Riphean and Lower Devonian is represented by two major geochemical and genetic types: 1) sodium chloride, calcium (calcium-sodium) sedimentogene pickles, 2) sodium chloride brine leaching infiltrgennymi diffusion rock salt in Artinskian-Asselian verhnekamennougolnyh and sediments with mineralization up to 100-150 in some cases 200 g/dm³. In the crystalline basement are desalinated water with a salinity of several to tens g/dm³. In forming paleoavlakogenov, palaeorift, thrust structures separating their faults occur in the fluid movement of the faults and the surrounding cover and crustal blocks.

Keywords: underground hydrosphere, North Caspian artesian basin, vertical zonation, water exchange zone, relatively water-resistant sulfate-halogen sequence, hydrodynamics, paleoavlakogeny, palaeorift, thrust structures, fluids, brines, chemical composition and mineralization

Зональность подземных вод проявляется на планете в глобальном масштабе и относится к категории фундаментальных свойств земной коры.

Прикаспийская впадина имеет сложное солянокупольное строение. Вдоль бортовой зоны протягиваются соляные валы и отроги, к центру впадины – выжатые соляные купола разной площадью от 100 до 650 км². Северо-Каспийский артезианский бассейн занимает территорию всего левобережья и правобережья р. Волги, от Кировского и Красноармейского районов Волгограда.

В надсолевой части осадочного чехла распространена напорная верхняя гидрогеодинамическая система, охватывающая гидрогеологические комплексы

интенсивного, затрудненного и весьма затрудненного водообмена. Относительно водоупорная сульфатно-галогенная толща кунгурского яруса разделяет верхнюю гидродинамическую систему от нижней. В подсолевой части расположена нижняя подсолевая гидрогеодинамическая система, которая состоит из зон квазизастойного режима.

Схема гидрогеологической зональности Прикаспийской впадины с гидрогеологическими показателями отражена в таблице 1.

В пределах Северо-Каспийского артбассейна зона интенсивного водообмена территориально приурочена к долине рек Волги и Ахтубы и к прибрежной зоне Волгоградского водохранилища. На остальной территории впадины практически отсутствуют. Зона интенсивного водообмена представлена гидрокарбонатными, сульфатно-хлоридными, хлоридными, разного катионного состава впадинами с минерализацией 1–3 г/дм³. Они приурочены к аллювиально-морским, хазарско-хвалынским и аллювиальным среднечетвертично-современным отложениям прибрежной зоны р. Волги, Волгоградского водохранилища и Волго-Ахтубинской поймы.

Зона затрудненного гидрогеодинамического режима представлена сульфатно-хлоридными и хлоридно-сульфатными, хлоридными солеными водами с минерализацией 1–36 г/дм³. Она развита повсеместно в отложениях палеогенового, неогенового и четвертичного возраста.

Зона весьма затрудненного водообмена представлена двумя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриевыми инфильтrogenными рассолами выщелачивания каменных солей в областях примыкания к соляным куполам и отрогам, 2) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами с минерализацией 36–350 мг/дм³. Отличительной особенностью бассейна является наличие хлоридных натриево-кальциевых и кальциево-натриевых рассолов типа (III б по Е.В. Посохову, В.А. Сулину). Они развиты в различных по возрасту отложениях, начиная с верхнепермских, мезозойских и кончая кайнозойскими отложениями. Галогенный солевой (водоупорный) этаж представлен хлоридными магниевыми (натриево-магниевыми) реликтовыми маточными рассолами пермских палеобассейнов с величиной минерализации 349–540 г/дм³.

Нижний подсолевой этаж состоит из двух зон квазизастойного режима и вод зоны кристаллического фундамента [14]. Первая зона находится в отложениях карбона и верхнего девона. Вторая подзона в отложениях рифея и нижнего девона представлена двумя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами; 2) хлоридными натриевыми инфильтrogenными диффузионными рассолами выщелачивания каменных солей в артинско-ассельских и верхнекаменноугольных отложениях с минерализацией до 100–150 г/дм³, в отдельных случаях до 200 г/дм³. Отличительной особенностью бассейна является наличие хлоридных натриево-кальциевых и кальциево-натриевых рассолов типа (III б по Е.В. Посохову, В.А. Сулину). Кристаллический фундамент содержит опресненные воды с минерализацией от единиц до десятков г/дм³ (по данным О.И. Серебрякова 2010 г) [14].

Схема гидрогеологической зональности Прикаспийской синеклизы

Этажи	Водоносные комплексы	ГД			ГЗ		ГХ				Т° С
		Зоны	Н (м), Км от-до	Генезис вод	Зоны вод	Газосо- держание см ³ /дм ³	Зоны	Подзоны	М г/л	рН	
Верхний надсолевой	17, 18	Интенсивного водообмена	10–60	Инфильтрационный	O ₂ -N ₂	20–100	HCO ₃ ⁻ SO ₄ -Cl	Ca Na	1–3	6,7–8,5	3–10
	12, 13, 14, 15, 16, 17	Затрудненного водообмена	50–600	Инфильтрационно- седиментационный	O ₂ -N ₂	50–500	SO ₄ -Cl Cl-SO ₄	Na Ca-Na	1–36	6,9–8,4	1–35
							Cl	Na	1,2–36	7,1–8,4	
12, 13, 14, 15, 16, 17	Весьма затрудненного водообмена	600–4500	Инфильтрационно- седиментацион- ный	H ₂ S-N ₂ H ₂ S-CO ₂ N ₂ -CH ₄	50–500	Cl	Na	36–350	6,7–8,4	10–35	
Галогенный солевой	11	Квазистойного Режима	1000–7000	Седиментационный	H ₂ S-N ₂ H ₂ S-CO ₂ N ₂ -CH ₄	50–500	Cl	Mg	349–540	4,3–6,3	35–150
Нижний Подсолевой	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	Квазистойного Режима Карбон-верхний девон	4000–7000 до 12000	Седиментационный	CH ₄ -CO ₂ H ₂ S-C ₂ H ₆	250–1200	Cl	Ca-Na (Na-Ca)	До 150– 200	4,9–6,8	100–350
	1, 2, 3	Квазистойного ре- жима Рифей-нижний девон	5000–2400	Седиментационный	CH ₄ -CO ₂ H ₂ S- C ₂ H ₆ .	250–1200	Cl	Ca-Na (Na-Ca)	До 100	4,9–6,8	100–650
	0	Опресненные воды Кристаллический фундамент	8000–25000	Ювенильный	Нет дан- ных	Нет данных	Cl	Ca-Na (Na-Ca)	До 50	7,0–9,0	100–650

Примечание: ^{х)} Водоносные и водоупорные комплексы: 0-кристаллический фундамент, 1 – верхнепротерозойский карбонатно-терригенный; 2 – ордовикско-силурийский карбонатно-терригенный; 3 – нижнедевонский карбонатно-терригенный; 4 – эйфельский карбонатный; 5 – средне-верхнедевонский терригенный; 6 – верхнедевонско-нижнекаменноугольный карбонатный; 7 – нижнекаменноугольный визейский терригенный, одновременно играющий роль регионального водоупора; 8 – среднекаменноугольный карбонатный; 9 – среднекаменноугольный терригенный; 10 – средне-верхнекаменноугольный и нижнепермский карбонатный; 11 – кунгурский водоупорный; 12 – верхнепермский карбонатно-терригенный; 13 – триасовый терригенный; 14 – средне-верхнеюрский терригенный; 15 – нижнемеловой терригенный; 16 – верхнемеловой карбонатно-терригенный; 17 – палеогеновый терригенный; 18 – неогеново-четвертичный терригенный.

В процессе развития Прикаспийской впадины в качестве фрагмента пассивной окраины палеозойского Европейского материка неоднократно возникали палеорифты, палеоавлакогены, покровно-надвиговые структуры и смещения по разделяющим их разломам. Движущей силой образования структур (Центрально-Прикаспийского рифта глубиной 25 км, Пачелмско-Саратовского авлакогена, Каракульско-Смушковской надвиговой зоны) являются региональные тектонические процессы, а в конечном итоге глобальные конвективные движения в мантии. При формировании палеоавлакогенов, палеорифтов, надвиговых структур по разделяющим их разломам достаточно глубоко (до 10 км и глубже) уходящим в недра верхней коры происходят движения флюидов в этих разломах и окружающих их покровах и блоках земной коры. А.Н. Дмитриевский, Ю.А. Волож, И.Е. Баланюк и др. (2000–2001 гг.) предложили концепцию движения флюидов и образования углеводородных месторождений, основанную на автоволновых процессах в коровых волноводах [8, 9]. О том, что разломные зоны в верхней коре (до глубин 10–15 км и более) в состоянии закачивать значительные массы флюидов от вод до углеводородов, свидетельствуют колебания уровня Каспийского моря с периодом в несколько тысяч и десятков тысяч лет, а также наличие опресненных вод фундамента и относительно более низкой минерализации хлоридных рассолов нижней гидрогеодинамической системы.

Список литературы

1. Анисимов Л. А. Условия залегания и химический состав седиментационных рассолов соленосных толщ Прикаспийской впадины / Л. А. Анисимов, С. М. Кисельгоф // Доклады Академии наук СССР. – 1965. – Т. 202, № 4. – С. 932–934.
2. Афанасьев Т. П. Подземные воды Среднего Поволжья и Прикамья и их гидрохимическая зональность / Т. П. Афанасьев. – Москва : Академия наук СССР, 1956. – 263 с.
3. Басков Е. А. Региональный палеогидрогеологический анализ условий рудообразования для основных этапов геологического развития Русской платформы (в рифее-фанерозе) / Е. А. Басков, В. В. Петров, С. Н. Суриков. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, 2001. – 166 с.
4. Бочкарева В. А. Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений / В. А. Бочкарева и другие. – Алма-Ата : Наука, 1973. – 228 с.
5. Бражников О. Г. Особенности тектоники подсолевых отложений Западного Прикаспия / О. Г. Бражников, В. Н. Михалькова // Геологические основы создания прикаспийского нефтегазодобывающего комплекса. – Москва : Наука, 1990. – С. 105–110.
6. Волож Ю. А. Строение земной коры Прикаспийской впадины / Ю. А. Волож, Р. Б. Сапожников, В. А. Циммер // Советская геология, 1975. – № 11. – С. 24–36.
7. Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами : сборник трудов / под ред. С. Л. Шварцева, В. И. Осипова; Б. Н. Рыженко // По материалам Всероссийской научной конференции. – Томск : НТЛ, 2012. – 496 с.
8. Дмитриевский А. Н. Автоколебательная модель формирования месторождений-гигантов (на примере Астраханского месторождения) / А. Н. Дмитриевский, Ю. А. Волож, И. Е. Баланюк, А. В. Каракин // Доклады Российской Академии наук. – 2001. – Т. 381, № 3. – С. 406–408.
9. Дмитриевский А. Н. Концепция флюидного режима в верхней коре (гипотеза корового волновода) / А. Н. Дмитриевский, А. В. Каракин, И. Е. Баланюк // Доклады Российской Академии наук. – 2000. – Т. 374, № 4. – С. 534–536.
10. Мязина Н. Г. Закономерности формирования и распространения минеральных вод в гидрогеологических структурах Волгоградской области : монография / Н. Г. Мязина. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2008. – 212 с.
11. Особенности формирования и размещения залежей нефти и газа в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины / под ред. Л. Г. Кирюхина, Д. Л. Федорова. – Москва : Недра, 1984. – 144 с.
12. Перспективы нефтегазоносности Нижнего Поволжья и Азово-Каспийского региона : сборник статей / под ред. А. М. Репей. – 2005. – Вып. 64. – 120 с.
13. Питьева К. Е. Подземные воды палеозоя Северного Прикаспия / К. Е. Питьева. – Москва : Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 1971. – 354 с.

14. Современная гидрогеология нефти и газа (фундаментальные и прикладные вопросы) // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 85-летию А. А. Карцева. – Москва : ГЕОС, 2010. – 533 с.

15. Справочник по геологии нефти и газа / под ред. Н. А. Еременко. – Москва : Недра, 1984. – 480 с.

References

1. Anisimov L. A., Kisel'gof S. M. Usloviya zaleganiya i khimicheskiy sostav sedimentatsionnykh rassolov solenosnykh tolshch Prikaspiyskoy vpadiny [Occurrence and chemical composition of sedimentary strata salt brines Caspian depression]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Proceedings of USSR Academy of Sciences], 1965, vol. 202, no. 4, pp. 932–934.

2. Afanasev T. P. *Podzemnye vody Srednego Povolzhya i Prikamya i ikh gidrokhimicheskaya zonalnost* [Underground waters of the Middle Volga and Kama and hydrochemical zoning], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ. House, 1956. – 263 p.

3. Baskov Ye. A., Petrov V. V., Surikov S. N. *Regionalnyy paleogidrogeologicheskiy analiz usloviy rudobrazovaniya dlya osnovnykh etapov geologicheskogo razvitiya Russkoy platformy (v rifee-fanerozoie)* [Paleogidrogeological and geological regional analysis of the conditions for the main mineralization stages of geological development of the Russian platform (in the Riphean-Phanerozoic)], Saint Petersburg, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute Publ. House, 2001. 166 p.

4. Bochkareva V. A. et al. *Podzemnye vody Prikaspiyskoy vpadiny i ee vostochnyykh obramleniy* [Underground waters of Caspian depression and its eastern frames], Alma-Ata, Nauka Publ., 1973. 228 p.

5. Brazhnikov O. G., Mikhalkova V. N. *Osobennosti tektoniki podsoleykh otlozheniy Zapadnogo Prikaspiya* [Features of tectonics of subsalt deposits of the Western Caspian]. *Geologicheskie osnovy sozdaniya prikaspiyskogo neftegazodobyvayushchego kompleksa* [Geological basics of creation of the Caspian oil and gas producing complex], Moscow, Nauka Publ., 1990, pp. 105–110.

6. Volozh Yu. A., Sapozhnikov R. B., Tsimmer V. A. *Stroenie zemnoy kory Prikaspiyskoy vpadiny* [Crustal structure of the Caspian depression]. *Sovetskaya geologiya* [Soviet Geology], 1975, no. 11, pp. 24–36.

7. Shvartseva S. L., Osipova V. I.; Ryzhenko B. N. (ed.) *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeystviya vody s gornymi porodami* [Geological evolution of the interaction of water with rocks]. *Po materialam Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [On materials of the All-Russian Scientific Conference], Tomsk, NTL Publ., 2012. 496 p.

8. Dmitrievskiy A. N., Volozh Yu. A., Balanyuk I. Ye., Karakin A. V. *Avtokolebatelnaya model formirovaniya mestorozhdeniy-gigantov (na primere Astrakhanskogo mestorozhdeniya)* [The self-oscillating model of the giant fields (for example, the Astrakhan field)]. *Doklady Rossiyskoy Akademii nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 2001, vol. 381, no. 3, pp. 406–408.

9. Dmitrievskiy A. N., Karakin A. V., Balanyuk I. Ye. *Kontseptsiya flyuidnogo rezhima v verkhney kore (gipoteza korovogo volnovoda)* [The concept of fluid regime in the upper crust (hypothesis crustal waveguide)]. *Doklady Rossiyskoy Akademii nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 2000, vol. 374, no. 4, pp. 534–536.

10. Myazina N. G. *Zakonomernosti formirovaniya i rasprostraneniya mineralnykh vod v gidrogeologicheskikh strukturakh Volgogradskoy oblasti* [Regularities of formation and distribution of mineral waters in the Volgograd region of hydrogeological structures], Volgograd, Volgograd State University Publ. House, 2008. 212 p.

11. Kiryukhina L. G., Fedorova D. L. (ed.) *Osobennosti formirovaniya i razmeshcheniya zalezhey nefi i gaza v podsoleykh otlozheniyakh Prikaspiyskoy vpadiny* [Features of formation and distribution of oil and gas deposits in subsalt sediments of the Caspian depression], Moscow, Nedra Publ., 1984. 144 p.

12. Repey A. M. (ed.) *Perspektivy neftegazonosnosti Nizhnego Povolzhya i Azovo-Kaspiyskogo regiona : sbornik statey* [Prospects of oil and gas bearing of the Lower Volga and the Azov and the Caspian region. Collection of articles], 2005, issue 64. 120 p.

13. Piteva K. Ye. *Podzemnye vody paleozoya Severnogo* [Underground waters of Paleozoic Northern Caspian], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1971. 354 p.

14. *Sovremennaya gidrogeologiya nefi i gaza (fundamentalnye i prikladnye voprosy)* [Modern hydrogeology of oil and gas (fundamental and applied issues)]. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu A. A. Kartseva* [All-Russian Scientific Conference devoted to the 85th anniversary of A. A. Kartseva], Moscow, GEOS Publ., 2010. 533 p.

15. Yeremenko N. A. (ed.) *Spravochnik po geologii nefi i gaza* [Handbook of oil and gas geology], Moscow, Nedra Publ., 1984. 480 p.