

3. Копылова Г.Н. Сейсмичность как фактор формирования режима подземных вод // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2006. № 1. Вып. № 7, с. 50-66.
4. Копылова Г.Н., Сугробов В.М., Хаткевич Ю.М. Особенности изменения режима источников и гидрогеологических скважин Петропавловского полигона (Камчатка) под влиянием землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2, с. 53-70.
5. Копылова Г.Н., Смолина Н.Н. Изменения уровня воды в скважинах Камчатки в период Олюторского землетрясения 20.04.2006 г., $M_w=7.6$ // Вулканология и сейсмология. 2010. № 3, с. 36-49.
6. Копылова Г.Н., Болдина С.В. О механизме гидрогеодинамического предвестника Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г., $M_w=7.8$ // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 5, с. 104-114.
7. Копылова Г.Н., Стеблов Г.М., Болдина С.В., Сдельникова И.А. О возможности оценок косейсмической деформации по данным уровневых наблюдений в скважине // Физика Земли. 2010. № 1. С. 51-61.
8. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Аномальные изменения химического состава подземных вод в связи с Камчатским землетрясением 02.03.1992 г. ($M_w=6.9$) // Геофизические исследования. 2012. Т. 13. № 1. С. 39-49.
9. Копылова Г.Н., Болдина С.В. О связи изменений уровня воды в скважине Е-1, Восточная Камчатка, с активизацией вулкана Корякский в 2008-2009 гг. и сильными ($M \geq 5$) землетрясениями // Вулканология и сейсмология. 2012. № 5. С. 41-54.
10. Копылова Г.Н., Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. О генезисе и механизмах формирования гидрогеохимических аномалий в изменениях состава подземных вод под влиянием сейсмичности // Матер. региональной научн. конф. «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога // Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 181-186.
11. Султанходжаев А.Н., Зиган Ф.Г. Методические рекомендации к гидрогеосейсмологическим исследованиям. Ташкент: ФАН, 1980, 52 с.
12. Wang C.-Y., Manga M. Earthquakes and Water. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2010, 225 p. DOI 10.1007/978-3-642-00810-8.

СОДОВЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮГА-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

О.Е. Лепокурова

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Томск, Россия, E-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Аннотация. Дается определение понятия «содовые воды», приводятся условия локализации подземных содовых вод на юго-востоке Западной Сибири и некоторые их химические особенности.

Abstract. Definition of the term "soda water", the conditions of localization of underground soda waters on the South-East of Western Siberia and some of their chemical features are given.

Принадлежность вод к содовым несколько затруднена, поскольку разными учеными понимается по-своему. Собственно содовый тип выделили в свое время лишь Ю.П. Никольская (1961) при классификации химического состава вод озер и Е.В. Посохов (1969), относящий к нему воды, в которых «доминирующими из солей...будут гидрокарбонаты натрия...» (с. 3-4). Гидрокарбонатные натриевые (или гидрокарбонатно-натриевые) воды по преобладающему аниону и катиону выделяют В.А. Александров (1932), С.А. Щукарев (1934), Н.И. Толстихин (1934), В.А. Сулина (1948). Под разными наименованиями встречаются также в классификациях Ч. Пальмера (1911) как щелочные воды (первый класс), О.А. Алекина (1948) как первый тип вод ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), М.Г. Валяшко (1939) как карбонатный тип.

С.Л. Шварцев [7], в соответствии с развиваемой им концепцией эволюционного развития системы вода-порода, предложил для обозначения типичных содовых вод зоны гипергенеза термин щелочной карбонатно-кальциевый (содовый) геохимический

тип подземных вод. Формирование данного типа вод на начальном этапе обусловлено равновесием с кальцитом. Собственно автором и делается вывод, что «...карбонатообразование и содообразование – два тесно связанных и взаимообусловленных явления единого процесса выветривания горных пород в условиях насыщения водного раствора кальцитом» (с. 261). Наряду с кальцитом этот тип вод тесно ассоциирует с минералами группы монтмориллонита и гидрослюдой. Воды щелочные (рН от 7,4 до 8,6) с общей минерализацией 0,6–1,5 г/л, содержат часто повышенные количества сульфатов и хлоридов. Исходя из такой классификации, к щелочному карбонатно-кальциевому геохимическому типу, например, будут относиться широко распространенные на севере Алтае-Саянского горного обрамления пресные гидрокарбонатные кальциевые подземные воды трещинных отложений, отлагающие при выходе на поверхность травертины [8].

Автор будет придерживаться разработанным С.Л. Шварцевым критериям отнесения вод к геохимическим типам и, в целом, считать названия содовый, гидрокарбонатный натриевый и щелочной карбонатно-кальциевый синонимами [10]. Однако необходимо уточнить, что в нашем случае речь идет не только о зоне гипергенеза, но и о более глубоко залегающих водах, поэтому и с более высокими значениями минерализации и рН вод.

Содовыми водами напрямую и опосредованно в регионе занимались многие ученые ТПУ, ТГАСУ и ТФ ИНГГ СО РАН: Г.М. Рогов, В.К. Попов, Д.С. Покровский, П.А. Удодов, С.Л. Шварцев, Г.А. Плевако, Н.М. Рассказов, В.Г. Иванов, А.Д. Фатеев, Е.М. Дутова и многие другие; из последних – Е.В. Домрочева, О.Е. Лепокурова, О.Г. Токаренко.

Регион юго-востока Западной Сибири выбран неслучайно. Во-первых, содовые воды здесь представлены достаточно широко и разнообразно. Во-вторых, здесь как нигде прослеживается влияние на формирование состава вод более полной системы вода - порода (алюмосиликатные) - газ (метан, углекислый газ) - органическое вещество (уголь, болото). Поэтому ожидаются интересные результаты. Условия распространения (рис. 1) и некоторые особенности состава содовых вод (табл. 1) рассмотрим ниже, отдельно для Западно-Сибирского артезианского и Кузнецкого адартезианского бассейнов.

Юго-восточная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна в гидрогеологическом отношении является раскрытой. Здесь отсутствует региональный мел-палеогенновый водоупор (рис. 1, разрез АБ), поэтому наиболее заметно проявилось влияние инфильтрационных вод. Граница пресных вод опускается на глубину до 1,5 км. Содовые воды распространены в осадочных обломочных породах (песчаники и алевролиты) мелового возраста континентального генезиса. Питания вод происходит с Алтае-Саянского горного обрамления, где содовые воды встречаются даже в приповерхностных условиях в трещинах интрузивных пород (в основном гранитах и гранодиоритах). В Чулымском бассейне содовые воды встречаются на глубине от первых десятков и первых сотен метров до 2 км. Максимальная мощность распространения данных вод приурочена к склону артезианского бассейна, постепенно уменьшаясь на северо-западе, т.е. в Среднеобском бассейне.

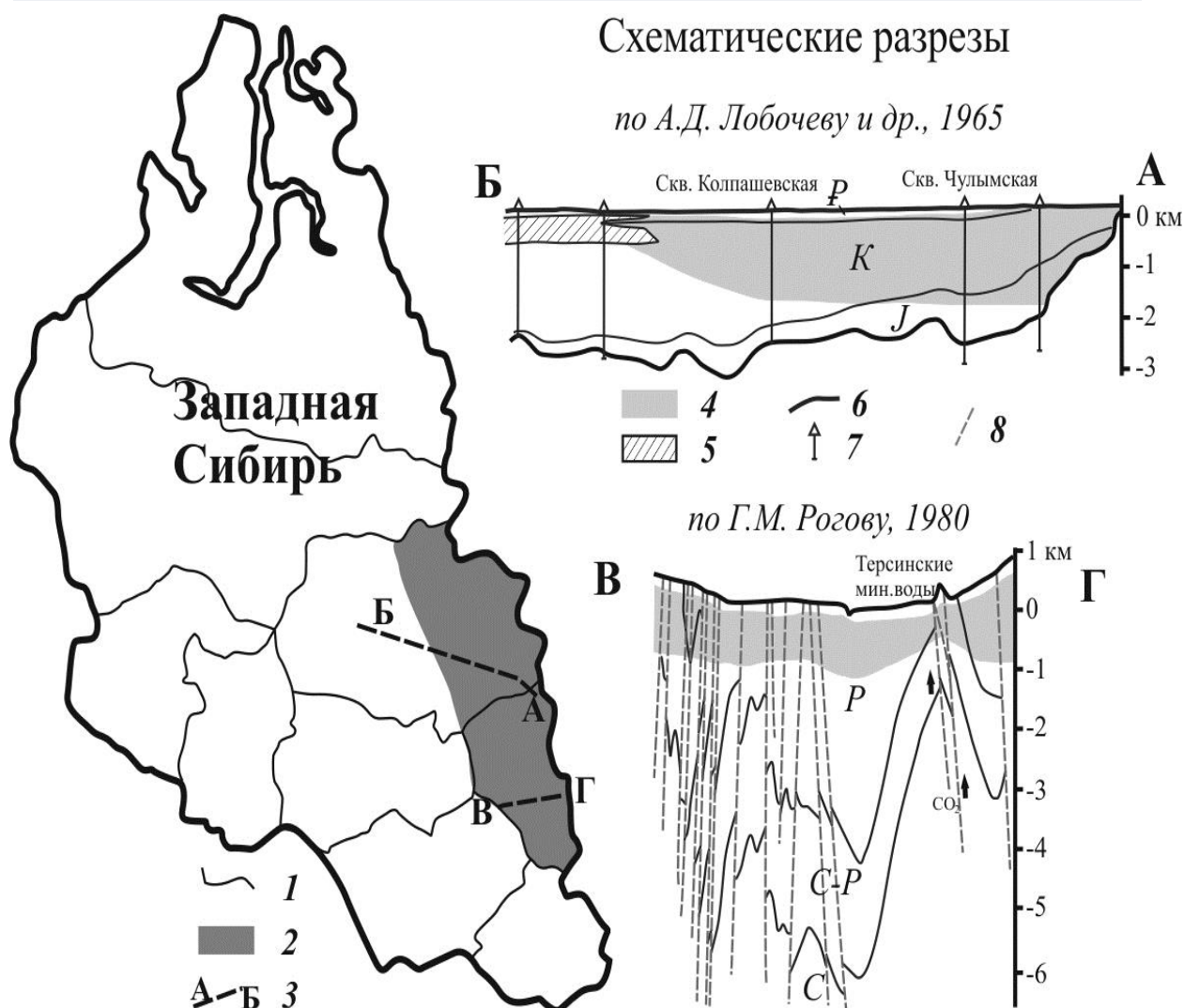


Рис. 1. Обзорная карта и схематические разрезы [1, 6]: 1 – административная граница областей; 2 – район работ; 3 – линия разреза; 4 – область распространения гидрокарбонатных натриевых (содовых) вод; 5 – региональный водоупор; 6 – стратиграфические границы; 7 – скважины; 8 – разломы.

В Чулымском бассейне на глубинах от 600 до 1300 м в меловых отложениях иллекской свиты развиты уникальные содовые воды: весьма пресные (соленость 0,25–0,6 г/л), но сильнощелочные (рН 9,1–10,3), с очень легким изотопным составом водорастворенного углерода (–30,3‰). Из скважины Чулымской (1266–1277 м) добывается первая минеральная вода в Томской области под торговым названием «Омега» с высоким содержанием кремния (H₄SiO₄ до 50 мг/л) [9].

В Среднеобском бассейне мощность распространения содовых вод намного меньше до полного выклинивания в местах появления регионального мел-палеогенового водоупора. В Колпашевском районе в скв. 2ч (рис. 1, разрез АБ) содовая минеральная вода вскрыта в меловых отложениях покурской свиты на глубине 744–760 м. Вода маломинерализованная (до 1,1 г/л), слабощелочная (рН 7,9) с высоким содержанием хлора [4]. Используется как питьевая лечебно-столовая под названием «Сибирская курортная».

Таблица 1

Химический состав некоторых содовых вод юго-востока Западной Сибири (в числителе – пределы содержания, в знаменателе – среднее, прочерк – нет данных), мг/л

Параметры	Содовые воды Кузбасса зоны замедленного водообмена [11]	Содовые воды Кузбасса нижней части зоны замедленного водообмена [2]	Терсинские углекислые минеральные воды [3]	Борисовские азотно-метановые минеральные [5]	Пресные щелочные Чулымского бассейна [9]	Колпашевские минеральные воды, скв. 2 ^ч [4]
Вмещающие породы	Угленосно-терригенные пермо-карбоновые отложения			Песчано-глинистые отложения мелового возраста		
Глубина отбора, м	<u>30–1197</u> 538	<u>190–1495</u> 645	370	575	1266–1277	744–760
pH	<u>7,2–9,8</u> 8,2	<u>7,2–10,0</u> 8,5	6,4–6,9	8,2	9,1–10,3	7,9
∑ ионов	<u>436–4627</u> 1364	<u>1499–25139</u> 10276	4054– 5809	2875	261–404	815– 1111
Окисляемость	<u>0,2–7,1</u> 2,5	<u>0,5–19,2</u> 5,0	–	10	1,1–1,6	–
HCO ₃ ⁻	<u>258–3289</u> 863	<u>630–15494</u> 6110	3002– 3953	2013	73–209	370–568
CO ₃ ²⁻ (CO ₂)	<u>0,3–742,8</u> 33,4	<u>8,4–1285</u> 266	(1656– 3060)	54	19–82	–
Cl ⁻	<u>0,5–248</u> 30,5	<u>21–5494</u> 779	111– 192	92	1,5–17,7	106–354
SO ₄ ²⁻	<u>0,2–596</u> 28,5	<u>0,2–75</u> 16,5	0,5–14	1,3	2,0–20,4	0–2,5
Ca ²⁺	<u>1,0–165</u> 34	<u>0,2–60,5</u> 18	235– 307	2	0,4–5	6–8
Na ⁺	<u>44–1200</u> 317	<u>426–7230</u> 2976	732– 1054	862	85–99	236–380
Mg ²⁺	<u>0–77,0</u> 11,6	<u>1,2–79,3</u> 18	50–119	0,6	0,1–2	0–2,4
K ⁺	<u>0,3–100</u> 6,5	<u>1,0–41</u> 14,8	11–20	1,3	0,3–0,6	2–3,7
SiO ₂	<u>4,1–42,5</u> 21,5	<u>5,8–44,6</u> 20,1	51,4– 117,7	7,7	16,1–31	–
N проб	90	35	94	1	13	7

В Кузнецком адартезианском бассейне в условиях лесостепного ландшафта содовые воды широко развиты, даже уже в приповерхностных условиях. В отличие от выше описанного района, мощность распространения содовых вод в Кузбассе хорошо выдержана по всему разрезу (рис. 1, разрез ВГ) и составляет максимально 2000 м [11]. В основном они встречаются начиная с глубин 100–200 м и приурочены к зоне

замедленного водообмена в угленосно-терригенных пермских отложениях [6, 2]. Характеризуются минерализацией от 0,4 до 5 г/л, рН от 7,2 до 9,8, иногда высокими содержаниями хлора и сульфата, в газовом составе преобладает метан. Некоторые воды используются в качестве минеральных. Например, Борисовская лечебно-столовая минеральная вода, имеет азотно-метановый газовый состав, аналогична по своим лечебным качествам северокавказским водам "Ессентуки" [5].

При работах на Нарыкско-Осташкинской площади Ерунаковского района в 2012–2014 гг были обнаружены уникальные содовые воды необычно высокой солености (до 25 г/л). Группой авторов [2] данные воды были отнесены к нижней части зоны замедленного водообмена. Кроме больших значений минерализации, воды отличаются уникально тяжелым изотопным составом водорастворенного углерода (до +30,3‰), что требует дальнейшего детального изучения.

Кроме того, в регионе на фоне широкого распространения метановых газов ниже зоны газового выветривания встречаются и углекислые газы (рис. 1, разрез ВГ). В частности в зоне сочленения Кузнецкой котловины с Кузнецким Алатау к крупному региональному разлому приурочено Терсинское месторождение углекислых минеральных вод. Данные углекислые содовые воды являются холодными (Т на устье 12–13 °С), солоноватыми, с общей минерализацией 2,0–5,5 г/л, слабокислыми (рН 6,2–7,0). Ближайшим аналогом служат теплые (30–33°С) воды Боржоми (Кавказ) [3].

Заключение

Таким образом, на юго-востоке Западной Сибири широко и разнообразно проявляются содовые воды: от ультрапресных (0,2 г/л) до соленых (25 г/л), от слабокислых (рН 6,2) углекислых до сильнощелочных (10,3), с аномально тяжелым изотопом растворенного углерода (+30,3‰) и со сверхлегким (-30,3‰), с высоким содержанием органического вещества и с низким. Распространены они в осадочных мезозойских отложениях артезианского склона (ЗСАБ) и палеозойских отложений межгорного бассейна (Кузбасс) на глубинах от 100–200 до 2000 м. Объединяет их всех равновесное состояние с монтмориллонитом, гидрослюдой и кальцитом, что позволяет отнести их по классификации С.Л. Шварцева к щелочному кремнистому карбонатно-кальциевому геохимическому типу вод или, при наличии газообразной CO₂, – к углекисло-кремнистому карбонатно-кальциевому. Изучение общих закономерностей формирования данного геохимического типа вод в регионе будет дальнейшим этапом исследований.

Автор благодарит С.Л. Шварцева за научные консультации и Е.В. Домрочеву за часть представленного материала.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). – М.: Недра, 1970. 368 с.
2. Домрочева Е.В., Лепокурова О.Е., Сизиков Д.А. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) // Изв. ТПУ. 2014. Т. 325. №1. С. 94–101.
3. Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Шварцев С.Л. Химический состав и генезис углекислых минеральных вод Терсинского месторождения (Кузбасс) // ДАН. 2011. Т. 436. № 6. С. 1–5.
4. Лепокурова О.Е., Зятева О.Ф. Химический состав минеральной воды «Омега» (Томская область) // Изв. ТПУ. 2011. Т.319. №1. С. 172–177.
5. Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Копылова Ю.Г. Геохимия Борисовских минеральных вод // Материалы научной конференции «Современные проблемы геохимии». – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2007. С.103-105.
6. Рогов Г.М., Попов В.К. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. – Томск: Изд-во Томского университета, 1985. 191 с.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра. 1998. 288 с.

8. Шварцев С.Л., Лепокурова О.Е., Копылова Ю.Г. Геохимические механизмы образования травертинов из пресных вод на юге Западной Сибири // Геология и геофизика, 2007, т.48, №8. С.852-861.
9. Шварцев С.Л., Лепокурова О.Е. Уникальные щелочные воды в Чулымском бассейне (Западная Сибирь) // ДАН. 2014. Т.459. №3. С. 357–362.
10. Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2007. 389 с.
11. Шварцев С. Л., Хрюкин В. Т., Домрочева Е. В. и др. Гидрогеология Ерунаковского района в связи с проблемой добычи угольного метана // Геология и геофизика. 2006. Т.47. №7. С.881-891.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

В.М. Матусевич¹, В.К. Попов², Л.А. Ковяткина¹

¹Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия, E-mail: vyru@mail.ru
²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. С началом планомерного освоения нефтегазового потенциала Западной Сибири, открытием первых крупных месторождений связано всестороннее изучение химического и газового состава, температуры, уровней, давлений и дебитов подземных вод в глубоких скважинах. По мере накопления данных формируется новая отрасль гидрогеологии, ее разделы. Общие представления о гидрогеологических условиях ЗСМБ трансформируются в новые теории. Пересмотрено строение ЗСМБ с позиций геодинамики, разработаны поисковые критерии регионального и локального прогноза нефтегазоносности по гидрогеологическим данным, на основании теории ореолов рассеяния водорасторенного вещества сформулированы методические основы поисков «пропущенных» залежей, разрабатываются концептуальные вопросы техногенных преобразований гидрогеосферы в нефтегазоносных районах.

Abstract. The systematic study of the oil and gas potential of Western Siberia, the opening of the first fields to promote the study of chemical and gas composition, temperature, level, pressure and flow of underground water in deep wells. With the accumulation of data, formed a new branch of hydrogeology. Common understanding of the groundwater transformed to the new theories. Revised structure of the pool from the point of geodynamics, developed the hydrogeological search criteria for regional and local forecast oil and gas potential. Scattering theory substances with water flows helped to open new oil fields. Develop the concept of man-made changes in the groundwater of oil and gas fields.

Основополагающие гипотезы и теории в нефтегазовой гидрогеологии сложились во второй половине 20-ого века и связаны с именами крупных ученых - нефтяников и гидрогеологов. Этапы становления и направления в этой отрасли отражены во многих публикациях того времени и современности [1-7].

Отправной точкой для изучения подземных вод глубоких горизонтов, их условий формирования, состава, влияния на нефтегазообразование и миграцию углеводородов в ЗСМБ послужило начало поисково-разведочных работ на нефть и газ и сопутствующие (попутные) поиски других полезных ископаемых.

Геохимические и геотермические исследования дополнили картину поисков залежей УВ в геологическом пространстве. Теории гидрогеохимических и гидрогеотермических показателей регионального и локального прогноза нефтегазоносности, доказанные опытным путем, способствовали выявлению многих нефтяных пластов и месторождений. Ореолы рассеяния органического вещества и микроэлементов в водной среде позволили открыть сотни «пропущенных» при