

Бромные и йодно-бромные минеральные воды Воронежской области**М. Жискара** ✉*Воронежский государственный университет, Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)*

Аннотация: Цель данного исследования – оценка гидрогеохимического и геоэкологического состояния подземных минеральных вод Воронежской области, оценка запасов и возможности их использования.

Материалы и методы. В основе работы – результаты полевых и лабораторных исследований (анализ геологических, гидрогеологических и геоэкологических параметров). Химические анализы проб воды были выполнены и обработаны по методике, разработанной в лабораториях Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии (ЦНИИКиФ), «Воронежгидрогеоэкологии» (ВГГЭ), Воронежского государственного аграрного университета имени Императора Петра I (ВГАУ) и Воронежского государственного университета (ВГУ). С помощью диаграммы Пайпера были определены и представлены типы воды изучаемых источников. Анализ удельных дебитов помог оценить доступные запасы.

Результаты и обсуждение. Бромные и йодно-бромные минеральные воды можно использовать в лечебных целях. Химический состав воды с преобладанием высокого содержания хлоридов, натрия-калия и кальция не соответствует литологическим породам водоносного горизонта (известнякам и габбро). Хлориды являются остатками солей из древних морских бассейнов. Запасы воды оцениваются приблизительно около 976 м³/сутки. Причем они практически не подвержены техногенному загрязнению, поскольку находятся на большой глубине.

Заключение. Бромные и йодно-бромные минеральные воды в природе встречаются редко. В этой связи необходимо обратить внимание на уникальный характер природного потенциала Воронежской области, в пределах которой имеются месторождения бромных и йодо-бромных минеральных вод.

Ключевые слова: минеральные воды, бромные воды, йодно-бромные воды, скважины, химический состав, геологические условия, гидрогеологические условия, ресурсы вод, лечебные воды.

Для цитирования: Жискара М. Бромные и йодно-бромные минеральные воды Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2022, № 4, с. 131-140. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/131-140>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно ранее проведенным исследованиям, Воронежская область исключительно богата различными типами подземных минеральных вод, в том числе бромными и йодно-бромными минеральными водами. Подземные воды с высокими концентрациями брома, широко распространены в Азово-Кубанском, Московском, Волго-Камском и других артезианских бассейнах. Бромные воды представляют одну из важных групп минеральных вод, используемых для бальнеологических целей как в России, так и за рубежом. История

открытия этих вод в Воронеже довольно интересна. Их обнаружили при поисках нефти и газа в одной из разведывательных скважин в этом районе. С тех пор бромные и йодно-бромные воды Воронежской области изучались многими авторами, в том числе А. А. Дубянским (1935), Ф. И. Кравчинским (1972), И. Я. Фурманом и др. (1974), Е. М. Талдыкиным, В. Н. Шульженко (1979) [1-3, 6-8]. Но большая часть этих материалов ещё не опубликована и размещена в гидрогеологических отчетах специальных организаций. В этой связи наша статья представляет собой

© Жискара М., 2022

✉ Матакара Жискара, e-mail: gmatakara@yahoo.fr



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

современное видение знаний о бромных и йодно-бромных минеральных водах в регионе.

Цель нашего исследования – оценка гидрогеохимического и геоэкологического состояния подземных минеральных вод (бромных и йодно-бромных) в пределах Воронежской области, оценка их запасов и возможности использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа включала полевые наблюдения и лабораторные исследования (анализ геологических, гидрогеологических и геоэкологических параметров).

Химические анализы проб проводились и обрабатывались по системе, разработанной в лабораториях ЦНИИКиФ, ВГГЭ, ВГАУи ВГУ. Классификация этих минеральных вод проводилась в основном по химическому составу с использованием метода бальнеологической классификации, предложенного В.В. Ивановым и Г.А. Невраевой (1964) [4] поэтому, бромные и йодно-бромные минеральные воды классифицируются как «столовые и лечебные воды». С помощью диаграммы Пайпера [9-11] были определены и представлены типы воды изучаемых источников.

Подробное исследование было основано на геологических, гидрогеологических и гидрогеохимических характеристиках породы водоносного горизонта. Данные предыдущих исследований помогли нам понять гидрогеохимическую эволюцию этих минеральных вод в регионе. Анализ удельных дебитов воды (полученных при бурении) позволил оценить потенциальные доступные запасы в регионе. Общие знания о мониторинге геологических и эколого-геологических систем помогли сформулировать некоторые замечания об экологическом аспекте использования изучаемых источников [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Минеральный источник № 24, скважина 310 («Белая Горка», село Белая Горка Богучарского района)

В геологическом строении северной краевой зоны Донецко-Донского артезианского бассейна принимают участие докембрийские, палеозойские и мезокайнозойские отложения различного генезиса и состава. Водопроявление бромных минеральных вод приурочено к нижнекаменноугольным терригенно-карбонатным отложениям турнейского яруса озерско-хованского горизонта, представленным песчаниками с прослоями алевролитов, известняков, мощностью 23-35 м. Глубина залегания кровли водоносного горизонта колеблется от 122,5 до 146,0 м.

В геоструктурном отношении участок распространения бромных вод совпадает с краевой частью Сурско-Хоперского артезианского бассейна. Поверхность кристаллического фундамента с углом в восточном направлении погружена относительно земной поверхности до абсолютных отметок – 500-800 м, и разбита глубинными разломами. Продуктивная толща минеральных вод охватывает широкий возрастной интервал от нижнекаменноугольного отдела, озерско-хованского горизонта до архейско-протерозойского. Она сложена пестрыми по литологии терригенно-карбонатными осадками мощностью от 135,0 до 804,0 м. В пределах участка распространены рассолы.

По данным химических анализов воды в таблице 1 показан химический состав воды и ее физические свойства в настоящее время.

Таблица 1

Характерные параметры воды источника № 24 [Table 1. Typical parameters of water source No. 24]

Литологический состав / Lithological composition	Интервал глубины опробования, м / Sampling depth interval, m	Br/I Mг/л / mg/l	M, г/л / g/l	Формула ионного состава / Ionic composition formula	pH / t°	Дебит (м³/сут) / понижение, м / Уд. дебит, л/сек / Flow rate (m³ / day) / decrease, m / Specific debit, l / sec
Известняки / Limestone	146-182	35.3/0.4	9.1	$Cl_{99}HCO_1^3$ $(Na + K)_{46}Ca_{40}Mg_{14}$	$\frac{7.2}{11}$	$\frac{108/11.87}{0.95}$

Содержание хлоридов – 5745,6 мг/л или 98,5 экв. %, сульфатов – 4,0 мг/л или 0,05 экв. %, а гидрокарбонатов – 97,6 мг/л или 0,97 экв. %.

Среднее содержание катионов выделяется натрий – 1125,9 мг/л или 45,6 экв. %, кальций – 1280,7 мг/л или 38,8 экв. %, концентрация магния превышает 291,4 или

14,5 экв. %. Согласно диаграмме Пайпера, тип воды – хлоридно-кальциево-натриевая (рис. 1).

Концентрация брома составляет 34,6-48,9 мг/л (при норме 25 мг/л). В малых концентрациях отмечается фтор – 0,5 мг/л, литий 0,3 мг/л стронций – 21,0 – 2,0 мг/л. Количество железа достигает до 0,5 мг/л, окисляемость мала – 1,6 –

7,36 O₂/л. Вода очень жесткая (величина общей жесткости 83,9-87,9 мг/л). Минерализация воды колеблется от 8,4 до 9,7 г/л. Имеется кремневая кислота 0,8 мг/л. В небольших количествах присутствует йод – 0,4 мг/л(табл. 1). Вода слабо газифицируется. Основные компоненты – газы: углекислый газ и азот.

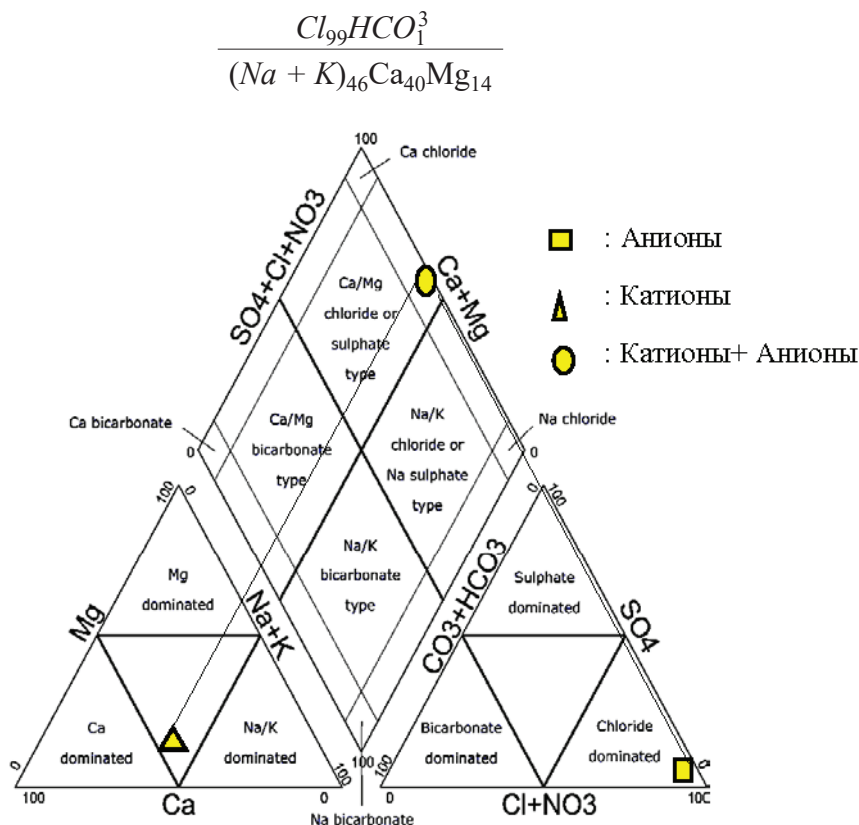


Рис. 1. Положение пробы воды «Белая Горка» Богучарского района [Fig. 1. Position of the water sample "Belaya Goroka" Bogucharsky district]

Учитывая, что 1 кл морской соли содержит 545 мг-экв хлора, примесь морской воды составит по объему $1,6203 \times 100 = 0,297$ %, то есть почти 30 %. Следовательно, 70,3 % приходится долю инфильтрационных современных вод. Наблюдения за пьезометрическим уровнем в течение года показали, что с июня по ноябрь он постепенно понижается на величину 1,30 м. Его колебания совпадают с колебаниями уровня реки Дон, но с меньшей амплитудой. Данное обстоятельство дает основание предполагать о возможной гидравлической взаимосвязи речных вод с водами нижнекаменноугольных отложений, что подтверждают приведенные нами выше расчеты о смешении седиментационных и инфильтрационных вод. Химический состав воды и ее физические свойства изучались с 1932 году. За время наблюдения от 1932 года по настоящее время химический со-

став бромной воды практически не изменился, что можно видеть из таблицы 2.

Как следует из приведенных данных, высокую концентрацию имеют хлориды, натрий и кальций, то есть химический состав воды не соответствует литологическому состоянию водовмещающих пород, представленных известняками, песчаниками.

По гидрогеологическим показателям, вода вскрывается скважиной, расположенной в тальвеге оврага правого берега реки Дон, на конусе выноса абсолютной отметки – 68,5 м. Минеральная вода – напорная, из скважины осуществляется ее самоизлив, с высотой 2,4 м, выше земной поверхности. Пьезометрический уровень устанавливается на абсолютной отметке 72 м, а величина напора изменяется от 150 до 160 м. Общий дебит скважины составил 108 м³/сутки. Удельный дебит скважины при одиночной откачке, с понижением пьезометри-

ческого уровня на 11,87 м равен 0,95 л/с (см. табл. 1), коэффициент фильтрации песчаников – 3,1 м/с. В 1976 году, в связи с заявкой Центрального Совета по управлению курортами, сотрудниками Воронежской ГГЭ проводились гидрогеологические работы по выяснению запасов минеральных вод по скважинам. В результате проводимых работ и рас-

четов запасы минеральных вод составили 976 м³/сутки [7]. О величине ресурсов этих вод в настоящее время можно судить ориентировочно, так как они недостаточно изучены. Судя по ограниченному фактическим данным, удельные дебиты скважин свидетельствуют о невысокой водоотдаче продуктивных горизонтов.

Таблица 2

Химический состав воды минерального источника № 24 «Белая Горка»
[Table 2. The chemical composition of the mineral spring No. 24 "Belaya Gorka"]

Год / Year	Химический состав / Chemical composition		Дебит л/сек / Flow rate l/sec	Температура, °С / Temperature, °C
	Формула ионного состава / Ionic composition formula	Содержание брома, мг/л / Bromine content, mg/l		
1932	$M_{8,8} = \frac{Cl_{100}}{(Na + K)_{53}Ca_{44}}$	33	0,47	-
1946	$M_{8,9} = \frac{Cl_{98}}{(Na + K)_{46}Ca_{40}}$	60	0,47	-
1947	$M_{9,2} = \frac{Cl_{99}}{(Na + K)_{46}Ca_{38}}$	38	0,45	-
1960	$M_{9,0} = \frac{Cl_{99}}{(Na + K)_{46}Ca_{38}}$	35	-	-
1976	$M_{9,2} = \frac{Cl_{99}}{(Na + K)_{45}Ca_{40}Mg_{14}}$	38,6	1,25	11-12
1977	$M_{9,2} = \frac{Cl_{98}}{(Na + K)_{46}Ca_{39}Mg_{14}}$	48,9	-	11-12
2021	$M_{8,8} = \frac{Cl_{99}HCO_1^3}{(Na + K)_{46}Ca_{40}Mg_{14}}$	35,3	1,25	11-12

Приоритет использования воды «Белая Горка» принадлежит А.А. Дубянскому, который с достаточной полнотой провел её всестороннее исследование. Благодаря трудам профессора А.А. Дубянского, профессора Лепорского и других, было доказано ее ценное терапевтическое действие при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, нарушениях обмена веществ, патологии почек, кожных заболеваниях и других болезнях. С 1955 по 1958 годы в селе Белая Горка работал завод по розливу воды в бутылки, которые поступали в продажу, и, в частности, использовались в санатории им. Цурюпы. В последние годы вода пользуется особой популярностью среди населения в питьевых, лечебных целях. Вблизи стихийно созданы земляные ванны с пленочным по-

крытием для приема водных процедур. С 1990 года несколько кооперативов осуществляют забор минеральной воды в небольших количествах для розлива в бутылки и последующей ее реализации через торговую сеть.

2. Минеральный источник № 18 (поселок Елань-Колено Новохоперского района)

Скважина находится в Новохоперском районе в поселке Елань-Колено в 3 км к югу от города Елань-Коленовский. Геологическое строение представлено архейско-протерозойскими кристаллическими породами, на которых залегают терригенные и, в меньшей степени, карбонатные отложения живетского, франского и фаменского ярусов сред-

него и верхнего девона общей мощностью 160 м, перекрываемые молочным (7,5 м) слоем песков и глин аптского возраста нижнего мела, на неровной поверхности которых залегают аллювиальные современно-четвертичные породы.

По гидрогеологическим показателям, минеральные воды приурочены к габбро-норытовым породам архея-протерозоя с сульфидной минерализацией и вскрываются скважиной в интервале глубин от 260 до 280 м (табл. 3). Воды – напорные. Верхним водопором, изолирующим обводненную толщу трещиноватой зоны пород от вышележающих водоносных горизонтов, служит водопор, представленный

аргиллитами черноярского горизонта среднего девона, мощностью около 20 м. Неравномерная трещиноватость кристаллических пород обуславливает низкую водообильность обводненной зоны; удельный дебит скважины не превышает 0,1 л/с. Питание минеральных вод, по-видимому, осуществляется водами вышележащего Масловского горизонта, путем перетекания их в трещины кристаллических пород на участках взаимного контактирования.

По химическому составу, минеральная вода типизируется как слабокислая бромная высокоминерализованная хлоридного кальциево-натриевого состава (рис. 2).

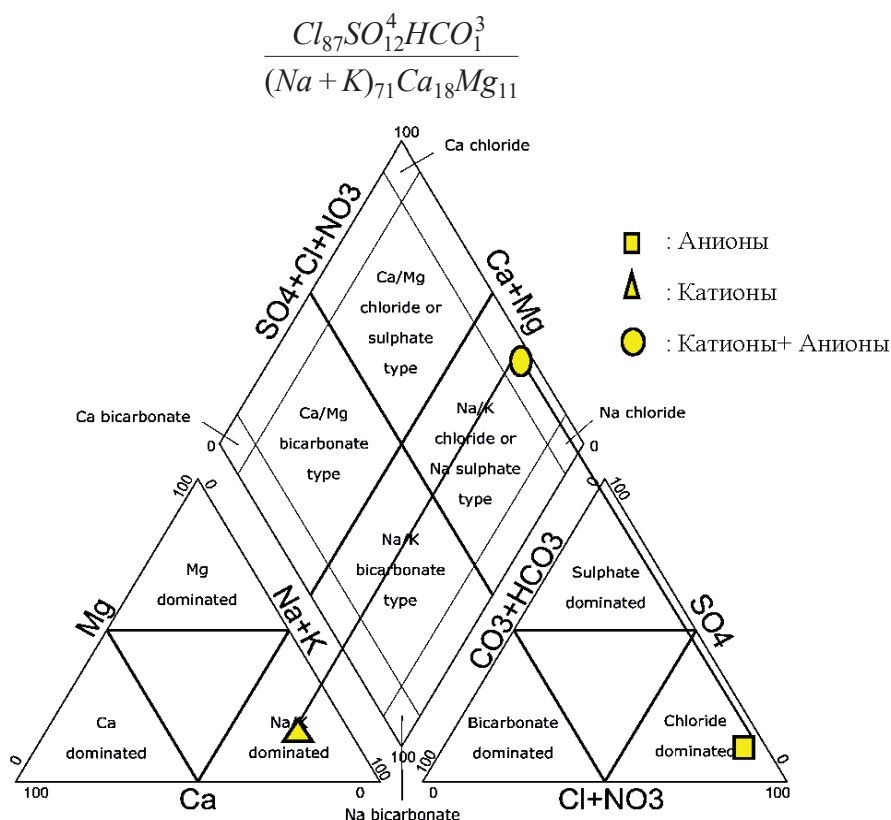


Рис. 2. Положение пробы воды Минерального источника №18 (Новохоперский район) на диаграмме Пайпера [Fig. 2. Position of the water sample from Mineral Spring №18 (Novokhopersky district on the Pourbaix diagram)]

Содержание брома составляет 52 мг/л. В воде присутствует фтор – 0,2 мг/л, нитраты – 5,0 мг/л. Концентрация борной кислоты не превышает 26,4 мг/л. В воде отсутствуют карбонаты, нитриты, аммоний, марганец и свинец. Повышенная минерализация бромных вод, хлоридный кальциево-натриевый состав, а также приуроченность минерального источника к погруженной краевой северо-западной части Сурско-Хоперского артезианского бассейна (табл. 3) указывает на формирование вод в условиях запрудного водообмена.

Учитывая глубину залегания обводненной зоны пород, если принято, что 1 кг морской соли содержит 545 мг-экв/л иона хлора (а в минеральной воде – 267,65 мг/экв/л), то примесь воды морского генезиса, в рассматриваемой воде составит по объему $\frac{267.65 \times 100}{545} = 49.1\%$ Следовательно, в генетическом отношении минеральная вода источника № 18 является смешанной, находящейся под влиянием инфильтрационных вод, перетекающих в трещины кристаллического фундамента из других вышележащих горизонтов, в частности, Масловского горизонта.

Характерные параметры воды источника № 18
[Table 3. Typical water parameters of spring No. 18]

Возраст водовмещающих пород / Age of the water-bearing rocks	Литологический состав / Lithological composition	Интервал глубины опробования, м / Sampling depth interval, m	Br/l Mг/l / mg/l	М, г/l / g/l	Формула ионного состава / Ionic composition formula	pH t°	Дебит (л/с) / понижение, м Уд. дебит, л/сек / Flow rate (m ³ / day) / decrease, m Specific debit, l / sec
AR-PR	Трещиноватые габбронориты	260-280	52/2,5	17,9	$\frac{Cl_{87}SO_{12}HCO_3}{(Na + K)_{71}Ca_{18}Mg_{11}}$	$\frac{6.95}{-}$	$\frac{2.5/25}{0.1}$

Таблица 4

Характерные параметры воды источника №15
[Table. 4. Typical water parameters of spring No.15]

Возраст водовмещающих пород / Age of the water-bearing rocks	Литологический состав / Lithological composition	Интервал глубины опробования, м / Sampling depth interval, m	Br/l Mг/l / mg/l	М, г/l / g/l	Формула ионного состава / Ionic composition formula	pH t°	Дебит (л/с) / понижение, м Уд. дебит, л/сек / Flow rate (m ³ / day) / decrease, m Specific debit, l / sec
D_{3el}	Известняк трещиноватый, кавернозный	120 - 150	Н.О	1.2	$\frac{Cl_{44}HCO_3SO_{26}}{(Na + K)_{59}Ca_{23}Mg_{18}}$		
$D_{3sc - rd}$	Известняк трещиноватый, кавернозный	323 - 332	$\frac{148.1}{5.4}$	48.3	$\frac{Cl_{99}}{(Na + K)_{61}Ca_{28}Mg_{11}}$		Слабо обводн.
$D_{3cr - st}$	Песчаник глинистый, известняк пиритизированный, мергель, глина, алевролит	443 - 460	$\frac{265.0}{5.4}$	87.9- 89.9	$\frac{Cl_{98}}{(Na + K)_{60}Ca_{26}Mg_{14}}$		$\frac{3.6/48.2}{0.075}$
D_{2ms}	Известняк трещиноватый, местами	539 - 540 552 - 552	$\frac{250.0}{9.3}$	95.4	$\frac{Cl_{100}}{(Na + K)_{58}Ca_{28}Mg_{14}}$	5.3	$\frac{0.05/3.6}{0.014}$
AR - PR	Кварцево-полевошпатовые биотитовые сланцы. пиритизированные	610 - 615	$\frac{480.3}{6.0}$	106,7	$\frac{Cl_{100}}{(Na + K)_{76}Ca_{17}Mg_7}$	7.0	

3. Минеральный источник Борисоглебского района

Скважина расположена в окрестностях города Борисоглебска, у слияния рек Ворона-Хопер. Геолого-структурные особенности расположения источника характеризуются условиями краевой зоны Пачелмского прогиба, осложненной тектоническими разломами. Геологический разрез сложен из этого водоносного горизонта составляет 0,4 л/с, что свидетельствует о слабой обводненности пород в интервале вскрытия. В нижеследующих черноярско-староскольских песчано-глинистых отложениях, в интервале глубин от 443 до 460 м распространены йодно-бромные рассолы с минерализацией от 87,9 до 89,9 г/л. Содержание брома, как показывают фактические данные, возрастает до 265 мг/л, а концентрация йода до 5,4 мг/л (см. табл. 4).

Верхняя часть девонских отложений, представленная елецкими известняками, исследовалась на водоносность в интервале глубин 120-150 м. Скважиной вскрыты солоноватые воды с минерализацией 1,2 г/л, сложного гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридного состава. Бромные рассолы вскрыты на глубине 323-332 м в обводненных известняках, с прослоями мергеля рудкинско-го и щигровского горизонтов верхнего девона.

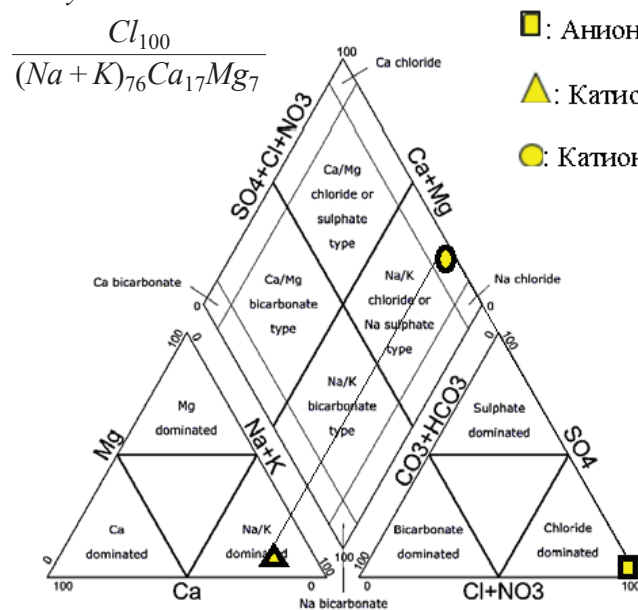
В гидрогеохимическом отношении, результаты исследования показывают, что рассолы характеризуются хлоридным кальциево-натриевым составом с минерализацией 48,3 г/л (см. табл. 4). Концентрация брома достигает 148,1 мг/л, а йода –

5,4 мг/л. Отмечается высокое количество железа – до 171,5 мг/л и повышенное содержание аммонийного азота до 15,1 мг/л. Рассолы обладают напорным характером, пьезометрический уровень устанавливается близко к земной поверхности, на абсолютной отметке 87 м. Мощность водоносной толщи не превышает 9 м, удельный дебит скважины в интервале вскрытия. В нижеследующих черноярско-староскольских песчано-глинистых отложениях, в интервале глубин от 443 до 460 м распространены йодно-бромные рассолы с минерализацией от 87,9 до 89,9 г/л. Содержание брома, как показывают фактические данные, возрастает до 265 мг/л, а концентрация йода до 5,4 мг/л (см. табл. 4).

Ниже Масловского водоносного горизонта отмечается дальнейшее возрастание рассолов вышеуказанного химического состава, одновременно содержание брома увеличивается до 250 мг/л, а йода – до 9,3 мг/л (см. табл. 4).

В породах кристаллического фундамента, в кварцево-палевошпатово-биотитовых сланцах, на глубине 610–615 м развиты хлоридные натриевые рассолы с минерализацией до 106,7 г/л; количество брома увеличивается до 480,3 мг/л, и остается самым высоким в пределах данного участка (см. табл. 4), а содержание йода колеблется около 6 мг/л.

Внизу: AR – PR



Верхняя часть: D₃cr – rd

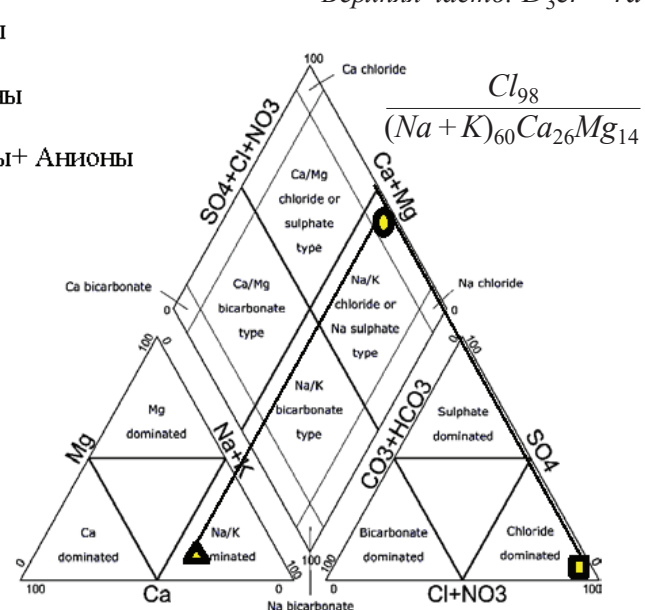


Рис. 3. Положение пробы воды минерального источника «Борисоглебского района»
[Fig. 3. Position of the "Borisoglebsk District" mineral spring water sample]

В воде этих же пород, также можно отметить высокую концентрацию иона аммония и незначительно – нитратов (до 6,2 мг/л).

Водоносные горизонты девона – верхнещигровского-рудкинского, ястребовско-нижнещигровского, черныяско-старооскольского и нижеследующие Масловский, ряжко-морсовский, а также водоносная трещиноватая зона кристаллических пород протерозоя – отличаются напорным характером. Пьезометрические уровни горизонтов располагаются у земной поверхности, а в ряде случаев выше её на 1,4-4,3 м. Например, йодно-бромные рассолы Масловского горизонта и обводненной трещиноватой зоны кристаллических пород протерозоя при их вскрытии скважиной самоизливаются на поверхность. Существующая разность пьезометрических уровней девонских водоносных горизонтов свидетельствует о возможности перетока вод из одного горизонта в смежный. Так, разность пьезометрического положения уровней Масловского и выше залегающего черныяско-старооскольского горизонтов, разделенных маломощными глинами, составляет 2,5 м, что обуславливает подпитку черныяско-старооскольского горизонта рассолами из Масловских отложений. Аналогичная гидравлическая взаимосвязь возможна, в свою очередь, между водоносной трещиноватой зоной протерозойских пород и ряжко-морсовским водоносным горизонтом. Имеющиеся сведения о водообильности продуктивных водоносных горизонтов показывают на невысокую водоотдачу отдельно взятых горизонтов. Удельные дебиты скважин колеблются от 0,014 до 0,075 л/сек. Однако, эти значения известны только для единичных горизонтов. Возможно, что при совместной эксплуатации нескольких горизонтов водоотдача пород будет достаточной, чтобы обеспечить суммарным удельный дебит на уровне 2-3 л/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы. 1. Геолого-структурные условия, особенности литологических фаций и геохимическая обстановка девонско-докембрийского комплекса пород способствуют формированию бромных и йодно-бромных рассолов. 2. О величине ресурсов этих вод в настоящее время можно судить лишь ориентировочно, так как они изучены недостаточно. 3. В целом химический состав воды не соответствует литологическому составу водовмещающих пород, высокую концентрацию имеют хлориды,

натрий и кальций. 4. Рассолы отличаются высокими значениями хлоридов и бессольфатностью. Можно предположить, что хлориды являются остатками солей древних морских бассейнов. 5. Анализ ранее проведенных исследований показывает то, что химический состав бромных вод этих источников существенно не изменился с 1932 года по настоящее время. 6. Связи бромных вод с поверхностными условиями крайне ограничены. 7. Формирование йодно-бромных рассолов, по-видимому, относится к древним геологическим эпохам, о чем свидетельствует значение генетических коэффициентов (<300 по Виноградову), высокое значение бромно-основного компонента солеродных бассейнов и высокая величина минерализации воды. 8. Описанные минеральные воды – ценные невозобновляемые природные ресурсы, которые необходимо сохранять и рационально использовать. Причем, вода типа «бромная и йодно-бромная минеральная вода» в природе встречается крайне редко. Она широко используется в бальнеологических целях Западной Европы. В связи с этим, необходимо обратить внимание на уникальность природного потенциала, которым обладает Воронежская область.

Благодарности.

Автор выражает искреннюю благодарность его научному руководителю **профессору Бочарову Виктору Львовичу**, который предоставил необходимые данные и помог в доработке этой статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров В. Л., Зинюков Ю. М., Смоляницкий Л. А. *Мониторинг природно-технических экосистем (на примере ОАО «Минеральные удобрения»)*. Воронеж: Издательство Истоки (Москва), 2000. 226 с.
2. Дубянский А. А., Скоркин А. В. *Геология и подземные воды северной части Воронежской области*. Воронеж: Воронежское областное книжное издательство, 1939, с. 9-11.
3. Зинюков Ю. М. Теоретико-методологических основы организации мониторинга природно-технических экосистем на основе их структурно-иерархических моделей // *Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского госуниверситета*, 2005, вып. 28, с. 1-164.
4. Иванов В. В., Невраев Г. А. *Классификация подземных минеральных вод*. Москва: Недра, 1964. 168 с.
5. Королев В. А. *Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем*. Москва: КДУ, 2007. 416 с.
6. Кравчинский Ф. И. Минеральные (лечебные) и промышленные воды // *Гидрогеология СССР*, 1972, т. IV, с. 424-441.

7. Талдыкин Е. М., Шульженко В. Н. Новые данные о минеральных водах на территории Воронежской части // *Материалы по гидрогеологии центральных районов Европейской части СССР*, 1979, с. 65-67.

8. Фурман И. Я. Гидрохимические особенности некоторых подземных вод Воронежского района и их бальнеологическая оценка // *Литоология и стратиграфия осадочного чехла Воронежской антеклизы*, 1974, с. 86-88.

9. Marcel Pourbaix. *Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions*, 1974. 644 p.

10. Marcel Pourbaix. *Lectures on Electrochemical Corrosion*, 1973. 336 p.

11. Marcel Pourbaix, Yang XiZhen et Zhang Heming. *Atlas of Chemical and Electrochemical Equilibria in the Presence of a Gaseous Phase*, 1998. 160 p.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 24.02.2022

Принята к публикации 30.11.2022

THE STUDIES OF VORONEZH LOCAL LORE

UDC 553.7(470.324)

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/131-140>

Bromine and Iodine-bromine Mineral Waters in the Voronezh Region

M. Giscard✉

Voronezh State University, Russian Federation
(1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394018)

Abstract: The purpose of this study is to assess the hydrogeochemical and geoecological state of ground mineral waters in Voronezh Oblast, to estimate reserves and the possibility of their use.

Materials and methods. The work is based on the results of field and laboratory studies (analysis of geological, hydrogeological and geoecological parameters). Chemical analyses of water samples were performed and processed according to the methods developed in the laboratories of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy, Voronezhhydrogeoecology, the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I and the Voronezh State University. Using the Piper's diagram, the water types of the studied sources were identified and presented. The analysis of specific flow rates helped to estimate the available reserves.

Results and discussion. Bromine and iodine-bromine mineral waters can be used for therapeutic purposes. The chemical composition of water with a predominance of high content of chlorides, sodium-potassium and calcium does not correspond to the lithological rocks of the aquifer (limestone and gabbro). Chlorides are residual salts from ancient marine basins. The water reserves are estimated to be about 976 m³/day. And they are practically not subject to technogenic pollution, because they are located at great depths.

Conclusion. Bromine and iodine-bromine mineral waters are rare in nature. In this connection it is necessary to pay attention to the unique nature of the natural potential of Voronezh region, within the limits of which there are deposits of bromine and iodine-bromine mineral waters.

Key words: mineral waters, bromine waters, iodine-bromine waters, wells, chemical composition, geological conditions, hydrogeological conditions, water resources, medicinal waters.

For citation: Giscard M. Bromine and Iodine-bromine Mineral Waters in the Voronezh Region. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2022, no. 4, pp. 131-140. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/131-140>

© Giscard M., 2022

✉ Matakara Giscard, e-mail: gmatakara@yahoo.fr



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

REFERENCES

1. Bocharov V.L., Zinyukov Yu.M., Smolyanitskiy L.A. *Monitoring prirodno-tekhnicheskikh ekosistem (na primere OAO «Mineral'nye udobreniya»)* [Monitoring of natural and technical ecosystems (on the example of JSC "Mineral Fertilizers")]. Voronezh: Izdatel'stvo Istoki (Moscow), 2000. 226 p. (In Russ.)
2. Dubyanskiy A.A., Skorin A.V. *Geologiya i podzemnye vody severnoy chasti Voronezhskoy oblasti* [Geology and groundwater of the northern part of the Voronezh region]. Voronezh: Voronezhskoe oblastnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1939, pp. 9-11. (In Russ.)
3. Zinyukov Yu.M. *Teoretiko-metodologicheskikh osnovy organizatsii monitoringa prirodno-tekhnicheskikh ekosistem na osnove ikh strukturno-ierarkhicheskikh modeley* [Theoretical and methodological foundations of the organization of monitoring of natural and technical ecosystems based on their structural and hierarchical models]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo gosuniversiteta*, 2005, v. 28, pp. 1-164. (In Russ.)
4. Ivanov V.V., Nevraev G.A. *Klassifikatsiya podzemnykh mineral'nykh vod* [Classification of underground mineral waters]. Moscow: Nedra, 1964. 168 p. (In Russ.)
5. Korolev V.A. *Monitoring geologicheskikh, litotekhnicheskikh i ekologo-geologicheskikh sistem* [Monitoring of geological, lithotechnical and ecological-geological systems]. Moscow: KDU, 2007. 416 p. (In Russ.)
6. Kravchinskiy F.I. *Mineral'nye (lechebnye) i promyshlennyye vody* [Mineral (medicinal) and industrial waters]. *Gidrogeologiya SSSR*, 1972, vol. IV, pp. 424-441. (In Russ.)
7. Taldykin E.M., Shul'zhenko V.N. *Novyye dannyye o mineral'nykh vodakh na territorii Voronezhskoy chasti* [New data on mineral waters on the territory of the Voronezh part]. *Materialy po gidrogeologii tsentral'nykh rayonov Evropeyskoy chasti SSSR*, 1979, pp. 65-67. (In Russ.)
8. Furman I.Ya. *Gidrokhimicheskie osobennosti nekotorykh podzemnykh vod Voronezhskogo rayona i ikh balnologicheskaya otsenka* [Hydrochemical features of some underground waters of the Voronezh region and their balneological assessment]. *Litologiya i stratigrafiya osadochnogo chekhla Voronezhskoy anteklizy*, 1974, pp. 86-88. (In Russ.)
9. Marcel Pourbaix. *Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions*, 1974. 644 p.
10. Marcel Pourbaix. *Lectures on Electrochemical Corrosion*, 1973. 336 p.
11. Marcel Pourbaix, Yang XiZhen et Zhang Heming. *Atlas of Chemical and Electrochemical Equilibria in the Presence of a Gaseous Phase*, 1998. 160 p.

Conflict of interests: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 24.02.2022

Accepted: 30.11.2022

Матакара Жискара
аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии геологического факультета Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-0822-8144, e-mail: giscardmatakara1981@gmail.com

M. Giscard
Postgraduate student at the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Faculty of Geology, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-0822-8144, e-mail: giscardmatakara1981@gmail.com