

---

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

---

УДК 553.7(470.324)

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О. А. Бабкина, В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 1 марта 2016 г.

**Аннотация:** приведена характеристика минеральных вод, разработаны критерии их оценки и типизации. Рассмотрены гидроминеральные зоны и отдельные месторождения на территории Воронежской области. Выделена особая группа условно-минеральных экологически чистых слабоминерализованных вод и намечены перспективы их широкого применения в лечебно-оздоровительных целях.

**Ключевые слова:** минеральные воды, терапевтически активные компоненты, органические вещества, макро- и микрокомпоненты, бальнеология, экология, критерии качества минеральных вод.

### HYDROCHEMICAL TYPES OF MINERAL WATERS OF THE VORONEZH REGION

**Abstract:** the characteristic of mineral waters developed the criteria for their evaluation and typing. Considered hydro-mineral areas and a separate field on the territory of the Voronezh region. A special group of conditionally mineral ecologically pure low-mineralized waters and outlines the prospects for their wide application in therapeutic purposes.

**Key words:** mineral water, therapeutically active components, organic matter, macro - and micro-components, balneology, ecology, quality criteria of mineral waters.

#### Введение

Долгое время Воронежская область, располагающаяся в сводовой и юго-восточной частях Воронежского кристаллического массива (ВКМ) – самой крупной геологической структуры Центрально-Чернозёмного региона – оставалась, по сути, белым пятном на карте минеральных вод России. Исследования последнего десятилетия, выполненные геологами, гидрогеологами, геохимиками научных и производственных геологоразведочных организаций Воронежа, Москвы и других городов, показали, что минеральные воды Воронежской области весьма разнообразны по газовому и химическому составу, содержанию биологически активных компонентов, бальнеологическим свойствам. Существенный вклад в изучение минеральных вод Воронежской и смежных областей внесли А. А. Дубянский, И. Я. Фурман, Е. М. Талдыкин, В. Н. Шульженко. Использование природных минеральных вод в бальнеологии и медицине для профилактики и терапии многих заболеваний в последнее время в регионе получило весьма широкое развитие и с каждым годом последовательно возрастает путем эксплуатации новых минеральных источников.

#### Бальнеологические группы минеральных вод

Геологические условия и гидрогеологическая обстановка Воронежской области весьма своеобразны, что определяется структурно-тектоническими особенностями и условиями развития отдельных слагающих её геологический разрез стратиграфических комплексов [1].

Минеральные воды с минерализацией менее 2 и от 2 до 8 г/дм<sup>3</sup> используются как лечебно-столовые; с минерализацией 8–12 г/дм<sup>3</sup> – как питьевые лечебные, а с минерализацией 10–15 г/дм<sup>3</sup> как бальнеологические путем приема ванн. Воды-рассолы с концентрацией солей более 140 г/дм<sup>3</sup> требуют при использовании разведения с уменьшением концентрации солей в 3–5 раз.

Наиболее благоприятны для эксплуатации минеральные воды с температурой 35–42 °C. Воды с температурой более 42 °C требуют охлаждения, а с температурой менее 35 °C перед применением необходимо подогревать.

В зависимости от состава содержащихся в них специфических терапевтически активных компонентов, в том числе и газов, подземные воды рассматриваемой территории, в соответствии с сущ-

ствующими классификациями, разделяются на бальнеологические группы [2, 3].

*Группа А. Воды без «специфических» компонентов и свойств.* Лечебное действие их обусловлено ионно-солевым, газовым составами и величиной минерализации.

*Группа Д. Воды бромные, йодные, йodo-бромные с повышенным содержанием органического вещества.* Лечебный эффект связан с наличием специфических компонентов.

*Группа Е. Радоновые воды.* Лечебное воздействие определяется наличием газа радона.

Рассмотрение общих геохимических особенностей состава вод нижне-каменноугольных отложений показало следующее. В отложениях турнейского яруса озерско-хованского горизонта, представленного песчаниками с прослойями известняков и алевролитов, распространены воды хлоридного класса натриевого подкласса с минерализацией 1,0–9,1 г/дм<sup>3</sup> и гидрокарбонатно-хлоридного класса натриевого подкласса с минерализацией 0,8–1,1 г/дм<sup>3</sup>.

Заслуживают внимание воды краевой зоны Донецко-Донского артезианского бассейна. По гидрогеохимическим критериям эти воды относятся к минеральным бромным, развитым на широко известном месторождении Белая Горка Богучарского района Воронежской области [4].

Следует также обратить внимание на участок оз. Ильмень, расположенный на востоке Воронежской области, недалеко от г. Борисоглебска и входящий в систему краевой зоны Приволжско-Хопёрского артезианского бассейна. Вскрытая Ильменской опорной скважиной в интервале глубин 184–194 м, вода имеет хлоридно-натриевый состав и минерализацию в пределах 30–35 г/дм<sup>3</sup>. В химическом составе присутствуют также в повышенном количестве помимо хлоридов натрия тяжёлые галоиды – бром и йод [5, 6].

В карбонатно-терригенных отложениях среднего и верхнего девона распространены воды пресные и солоноватые. Общая минерализация по сумме ионов изменяется от 0,4 до 1,0 г/дм<sup>3</sup>. В центральной части Воронежской области, совпадающей со сводовым поднятием ВКМ, и по ее периферии, в большинстве скважин минерализация колеблется от 0,8 до 3,2 г/дм<sup>3</sup>. Преобладающими химическими классами являются гидрокарбонатно-хлоридный или хлоридно-гидрокарбонатный, а подклассом – кальциево-натриевый. Указанный состав воды формируется в зоне интенсивного водообмена, в условиях возможности разбавления подземных вод инфильтрующимися атмосферными водами на глубинах, не превышающих 100–150 м. Здесь известны минеральные воды без специфических компонентов и свойств: Угянская, Икорецкая, Бобровская, Острогожская. Первые две нашли широкое применение в лечебном деле. В качестве перспективных следует отметить новые источники минеральных вод этой группы: Славская, Чертвицкая.

В зоне влияния крупных гранитных и граносиени-

товых интрузий повышенной щёлочности и радиоактивности сформировались радоновые воды: Лискинская (уже нашла применение в лечебных целях) и Артюшкинская (перспективы использования ещё не оценены, [6, 7]).

Восточная периферическая часть Воронежской области (гг. Новохопёрск, Борисоглебск, Поворино) в девонское время характеризовалась устойчивым неравномерным опусканием, где, начиная с верхнедевонского времени, существовал морской режим осадконакопления. В результате сформировались подземные воды высокой минерализации. В разрезах скважин общая минерализация воды изменяется в пределах от 32,3 до 155,0 г/дм<sup>3</sup>. По соотношению между ионами воды характеризуются принадлежностью к классу хлоридных и к подклассам натриевых или натриево-кальциевых [5, 6]. Наиболее характерно соотношение между компонентами (в %-экв) для анионов  $\text{Cl}^1 > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{-}$ , для катионов  $\text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ . Вода содержит бром от 148,1 до 450,0 мг/дм<sup>3</sup>, йод от 2,4 до 5,6 мг/дм<sup>3</sup>, фтор от 0,25 до 2,2 мг/дм<sup>3</sup>, органические растворённые вещества до 4,0 мг/дм<sup>3</sup>. Газовый состав вод представлен азотом и метаном, реже – азотом и углекислым газом. Минеральная вода, условно названная как «Новохопёрская», пока ещё не получила официальный статус лечебной воды, но широко используется местным населением для лечения кожных заболеваний и опорно-двигательного аппарата. Минеральная вода свободно изливается, а в отдельных случаях и фонтанирует из незакрытых скважин, попадая в поверхностные водные источники.

В связи с предстоящим освоением Новохопёрского никеленосного района целесообразно на базе минеральных источников йодо-бромного состава организовать водолечебницы бальнеологической направленности, как для местных жителей, так и для работников горнодобывающей промышленности.

В последние годы выделяется новая бальнеологическая группа – *условно-минеральные экологически чистые воды* [6, 8]. Эти воды отличаются от других щелочной реакцией среды, малой жесткостью, невысокой минерализацией, менее 0,8–1,2 г/дм<sup>3</sup>, малым содержанием органических веществ (менее 40 $\text{O}_2$  мг/дм<sup>3</sup>). Они вскрываются скважинами в песчаниках верхне- и среднедевонского возраста на глубине свыше 90 м от земной поверхности в пределах городского округа г. Воронеж. Клинические исследования, проведенные учеными Воронежского государственного медицинского университета и Воронежского государственного университета, показали оздоровительный эффект при лечении урологических заболеваний. Минеральная вода получила название «Клиническая».

Повышенный интерес к этой воде вызван и тем обстоятельством, что, циркулируя на глубине свыше 70 м от земной поверхности в водоносных горизонтах девона, она надежно защищена от поверхностного загрязнения вышерасположенным эксплуатируемым горизонтом грунтовых вод, используемых для водоснабжения населения г. Воронежа, и 30-метровым

слоем семилукских глин верхнего девона, образующим естественный водоупор. В связи с этим вода «Клиническая» относится к экологически чистым водам и с успехом может быть использована для питьевого водоснабжения населения г. Воронежа.

Для оценки питьевого качества воды типа «Клиническая» исследовался водозабор Юго-Восточной железной дороги (ЮВЖД), расположенный на набережной Масалитинова в двухстах метрах от Чернавского моста в сторону верховьев водохранилища. Воды девонских отложений здесь вскрыты двумя скважинами в интервале глубин 79,2–164,0 м от поверхности земли (табл. 1).

Как видно из химического состава воды минерализация варьирует в пределах 1 г/дм<sup>3</sup> и, следовательно, воду можно считать слабоминерализованной. По величине водородного показателя она относится к щелочным водам и отличается повышенной мягкостью, так как общая жесткость находится на уровне 2,8 моль/дм<sup>3</sup>. Окисляемость перманганатная – 4 мг О<sub>2</sub> на дм<sup>3</sup>, общая жесткость – 2,8 моль/дм<sup>3</sup>. Что касается ее химического класса, то он выделяется как гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый. Формула Курлова имеет вид:

$$M_{0,8-1,1} \frac{HCO_{25}^3 Cl_{52}}{(Na+K)_{78}} pH 8,05 t^\circ C 7$$

Как видно из приведенных данных, вода по составу соответствует слабоминерализованной воде «Клиническая», отличаясь от нее несколько пониженным содержанием гидрокарбонатов магния.

Обычно воды такого состава, минерализации и жесткости характеризуются благоприятными вкусовыми показателями. Следует указать, что данная вода, циркулируя в породах, залегающих ниже водоносного горизонта грунтовых вод, определяется как надежно защищенная от поверхностного загрязнения, что подтверждается ее экологическими характеристиками. Проведенный нами химический анализ на элементы, ограниченные питьевым государственным стандартом, позволяют провести экологическую экспертизу качества воды водозабора ЮВЖД.

Вода водозабора ЮВЖД полностью соответствует принятому ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» и может быть признана экологически чистой по всем гидрохимическим параметрам. Вода характеризуется чрезвычайно низкой жесткостью, слабой щелочностью, практически полным отсутствием нитратных соединений, оптимальным соотношением микроэлементов. Вода может быть рекомендована к широкому

использованию в качестве питьевой и лечебно-столовой условно-минеральной.

В г. Воронеже и прилегающих к нему районах пробурено еще несколько скважин на воду из девонских отложений, которые используются в основном для хозяйствственно-питьевых целей. Они располагаются на территориях санаториев им. М. Горького, Ф.Э. Дзержинского (пос. Чертовицы), профилактория «Дон», в поселке Боровое, на площадке базы отдыха «Пески», в Воронежском государственном биосферном заповеднике, на ст. Графская. В последнее время на территории Первомайского парка в Центральной районе г. Воронежа для водоснабжения Благовещенского кафедрального собора пробурена скважина на девонские воды. Все геологические разрезы перечисленных выше скважин аналогичны по составу воды и технически оснащены примерно одинаково.

Для определения химических терапевтически активных элементов использовался современный атомно-адсорбционный метод определения макро- и микрокомпонентов, рассеянных элементов. Этот метод отличается высокой чувствительностью и устойчивой воспроизводимостью при определении состава воды и хорошо себя зарекомендовал себя в практике экологогидрохимических работ.

Подземные воды, вскрываемые скважинами в девонских отложениях на глубинах свыше 90–100 м, существенно отличаются по химическому составу и качеству от воды плиоцен-четвертичных отложений, используемых для водоснабжения населения г. Воронежа.

Условно-минеральные воды также относятся к категории пресных вод, с минерализацией 0,6–1,2 г/дм<sup>3</sup>; по соотношению макрокомпонентов выделяются классы хлоридно-гидрокарбонатный натриевый или гидрокарбонатно-хлоридный натриевый. Соотношение анионов: Cl > HCO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub>; катионов: Ca < Mg. Воды, как правило, щелочные и по водородному показателю pH изменяются от 7,4 до 8,5, ведут себя вполне устойчиво, обеспечивая щелочную реакцию среды. Воды исключительно мягкие: общая жесткость находится в интервалах от 1,6 до 3,5 моль/дм<sup>3</sup>. Соотношение калия к натрию изменяется от 1:12 до 1:15. В воде девонских отложений наблюдается несколько повышенное содержание магния по сравнению с водами вышележащих плиоцен-четвертичных отложений. Генетический коэффициент  $\left(\frac{rCl}{rNa}\right)$  более 1,0, что говорит о процессах метаморфизации в условиях ослабленного инфильтрационного питания за счет грунтовых вод вышележащих отложений.

Таблица 1

## Химический состав воды девонских отложений водозабора ЮВЖД

Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	pH	Анионы, мг/дм <sup>3</sup> ; моль-экв; м-%							Катионы, мг/дм <sup>3</sup> ; моль-экв; м-%		
		CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na+K
0,86 – 1,08	8,05	н/о	189,1 3,10 24,62	230,8 6,5 51,58	150,0 3,0 23,8	н/о	н/о	н/о	40 2,0 15,78	19,6 0,8 6,34	232,5 9,85 77,76

Таблица 2

## Химический состав подземных минеральных вод

Водопункты	M, г/дм <sup>3</sup>	Формула ионного состава	pH
г. Воронеж, скв. «Клиническая»	0,8	$\frac{HCO_3^3 Cl_{57}}{Mg_{14}Ca_{17}(Na + K)_{69}}$	8,0
г. Воронеж, водозабор ЮВЖД	1,1	$\frac{HCO_2^3 Cl_{51}}{Mg_{13}Ca_{20}(Na + K)_{67}}$	8,05
г. Ессентуки, источник № 17	12	$\frac{HCO_6^3 Cl_{40}}{Mg_4Ca_{33}(Na + K)_{63}}$	6,8

Условно-минеральные воды девонских отложений по набору макрокомпонентов аналогичны водам широко известного курорта Ессентуки (табл. 2).

Как видно из таблицы, прослеживается сходство по ряду компонентов состава вод и химическому классу. Различия касаются в основном более высокой минерализации воды Ессентуки-17, которую употреблять без разбавления не рекомендуется.

Научным центром медицинской реабилитации и физиотерапии (г. Москва) выдано бальнеологическое заключение на минеральную воду «Клиническая». В нем указывается, что по данным полных химических анализов, вода из терригенных отложений верхнего девона в интервале глубин 114–145 м является азотно-углекислой ( $N_2$  – 65 v-%,  $CO_2$  – v-%), слабоминерализованной ( $M = 0,5$ – $1,0$  г/дм<sup>3</sup>), гидрокарбонатно-хлоридной кальциево-натриевой ( $Cl$  – 50–55 ммоль %,  $HCO_3$  – 42 ммоль %,  $(Na+K)$  – 55–65 ммоль %,  $Ca$  – 23–27 ммоль %) со слабощелочной реакцией среды (рН 7,8–7,9).

В соответствии с целевым заданием по изысканию источника водоснабжения с экологически чистой слабоминерализованной водой проводились информационно-поисковые и полевые исследования вод девонских отложений, вскрытых скважинами в г. Воронеже и прилегающих районах. Анализ и сопоставление результатов химического состава вод изученных скважин указывает, что из конкурирующего ряда по глубине залегания продуктивного пласта и производительности выделяются воды из водозабора ст. Воронеж-1 ЮВЖД. Опробование воды из этой скважины и аналитические исследования ее состава показали, что характеристика органолептических (физических) свойств заключается в следующем: температура воды составляет – 7°C, вкус – ноль баллов, запах – ноль баллов, прозрачность – прозрачная, цвет – бесцветная. Бактериологический анализ: коли-индекс – 3, коли-литр – 333. Вода бактериологически безупречно чистая.

Вода, выведенная из песчаников верхнего и среднего девона, в интервале глубин 79,2–169,0 м, относится к азотно-углекислым водам и типизируется по аналогии со скважиной «Клиническая», так как в обеих скважинах вскрывается один и тот же водоносный комплекс. В воде находится растворенный газ примерно в следующих количествах:  $CO_2$  – 12, 65 v-%,  $CO$  – 0,001 v-%,  $CH_4$  – 0,04 v-%,  $N_2$  – 65,25 v-%,  $H_2$  –

0,001 v-%,  $Ar$  – 0,83 v-%,  $He$  – 0,001 v-%,  $O_2$  – 21,22 v-%. Как видно из приведенного состава, основные газы – это газы воздушного происхождения – кислород, углекислый газ и азот.

Макрокомпонентный состав определяется преобладанием хлоридов, гидрокарбонатов и натрия в сумме с калием.

Характерной особенностью микрокомпонентного состава воды является повышенное содержание органических веществ ( $C_{опт.}$  – 4,7 мг/дм<sup>3</sup>). Токсичные элементы, в том числе и тяжелые металлы, не обнаружены; санитарно-микробиологические показатели в пределах установленных нормативов. В соответствии с ГОСТ 13273-88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые» данная вода относится к группе лечебно-столовых слабоминерализованных с повышенным содержанием органических веществ, которые являются весьма ценным бальнеотерапевтическим продуктом и широко используются в практическом здравоохранении.

## Заключение

Минеральные воды Воронежской области и сопредельных территорий весьма разнообразны по газовому и химическому составу, содержанию биологически и терапевтически активных элементов, лечебным и бальнеологическим свойствам. Их использование для профилактики и терапии многих заболеваний в настоящее время получило весьма широкое распространение. Авторские исследования, опубликованный фондовый материал позволили в рамках данной статьи рассмотреть минеральные воды каменноугольных и девонских отложений и, опираясь на геохимические критерии, клинически обоснованные и закрепленные государственными стандартами, предложить принципы выделения и систематики минеральных вод региона. Обосновано выделение самостоятельной и весьма перспективной в лечебно-терапевтическом отношении группы условно-минеральных экологически чистых подземных вод, эксплуатационные ресурсы которых пока еще в полном объеме не определены. Среди них особого внимания заслуживают лечебно-столовые слабоминерализованные воды верхне- среднедевонского возраста с повышенным содержанием органических веществ и оптимальным соотношением макро- и микрокомпонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // Труды НИИ Геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – Вып. 12. – 165 с.
2. Иванов, В. В. Классификация подземных минеральных вод / В. В. Иванов, Г. А. Невраев. – М.: Недра, 1964. – 49 с.
3. Посохов, Е. В. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические) / Е. В. Посохов, Н. И. Толстыхин. – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
4. Смирнова, А. Я. Минеральные воды Воронежской области (лечебные и лечебно-столовые) / А. Я. Смирнова, В. Л. Бочаров, В. Ф. Лукьянов. – Воронеж: МП «Петровский сквер», 1995. – 181с.
5. Бабкина, О. А. Гидрохимия йода и брома в минеральных водах Среднего Прихоперья / О. А. Бабкина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2010. – № 1. – С. 252–255.
6. Бочаров, В. Л. Минеральные воды Дон-Хоперского междуречья / В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова, О. А. Бабкина // Гидрогеология сегодня и завтра: материалы Междунар. научн. конф. – М.: МАКС Пресс, 2013. – С. 71–76.
7. Смирнова, А. Я. Радоновые минеральные воды Черноземья / А. Я. Смирнова, О. А. Бабкина, О. Н. Плешкова // Радон, гелий и другие радиогенные компоненты в природных водах: экологические и научные аспекты. – СПб: СПб гос. ун-т, 2000. – С. 37–40.
8. Куликов, Г. В. Перспективы поисков минеральных вод на территории СССР / Г. В. Куликов, А. В. Желваков // Изв. вузов. Геология и разведка, 1989. – № 1. – С. 94–99.

Воронежский государственный университет

Бабкина Ольга Алексеевна, преподаватель кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии  
E-mail: gidrogeol@mail.ru  
Tel.: +7(473) 220-89-80

Бочаров Виктор Львович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии  
E-mail: gidrogeol@mail.ru  
Tel.: +7(473) 220-89-80

Смирнова Алла Яковлевна, доктор географических наук, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии  
Tel.: +7(473) 220-89-80

Voronezh State University

Babkina O. A., Teacher of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department  
E-mail: gidrogeol@mail.ru  
Tel.: +7(473) 220-89-80

Bocharov V. L., Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department  
E-mail: gidrogeol@mail.ru  
Tel.: +7(473) 220-89-80

Smirnova A. Y., Doctor of the Geographical Sciences, Professor of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Department  
Tel.: +7(473) 220-89-80