

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

*Е.В. Сальникова, О.В. Кван, А.Н. Сизенцов*

Оренбургский государственный университет

**РЕЗЮМЕ.** На сегодняшний день проблема качества воды считается одной из главных проблем охраны окружающей среды. Авторами проведено исследование качества подземных вод Оренбургской области по показателям жесткости, рН, общей минерализации, а также по содержанию эссенциальных (цинка и меди) и токсичных (свинца и кадмия) микроэлементов. Отбор проб проводили в 35 административных районах Оренбургской области ( $n = 525$ ). Установлено, что подземные воды районов Центрального и Западного Оренбуржья характеризуются мягкой водой со средним значением показателя жесткости (4,1–4,4 мг-экв/л). Повышенные значения рН (от 8 до 9,1) обнаружены в водах Центрального Оренбуржья. Наиболее высокий уровень общей минерализации зафиксирован в Центральной зоне Оренбуржья (780 мг/л), что относительно Западной зоны выше в 1,17 раза, относительно Восточной – в 1,74 раза. Минимальное содержание цинка выявлено в подземных водах районов Западного и Центрального Оренбуржья (1,99 мг/л и 1,44 мг/л соответственно). Содержание меди в подземных водах районов, расположенных в Восточном Оренбуржье, составляет 1,053 мг/л, что достоверно превышает содержание этого элемента в водах Западной зоны в 13,2 раза, Центральной – в 17,6 раза ( $p \leq 0,001$ ). Кроме того, зафиксировано превышение ПДК кадмия в воде Акбулакского и Октябрьского районов в 2 раза, Саракташского и Оренбургского районов – в 4 раза.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** подземные воды, общая минерализация, общая жесткость, цинк, медь, кадмий, свинец.

### ВВЕДЕНИЕ

Оренбургская область является одним из регионов России с повышенным уровнем загрязнения окружающей среды. На её территории располагаются крупные предприятия химической, нефтехимической и топливной промышленности, а также черной и цветной металлургии. Выбросы этих предприятий оставляют свой след в различных природных средах (Сальникова, 2016). Одной из таких сред является вода. Качественное водоснабжение населения – главная проблема охраны окружающей среды. Примерно 50% населения Оренбургской области используют воду, не соответствующую показателям качества, что приводит к ухудшению здоровья населения (Боев, 1998; Боев и др., 2001).

Вода – важнейшее для организма вещество. Она поддерживает водно-солевой баланс в нашем организме и избавляет его от шлаков и токсинов. Наглядно характеризуют качество питьевой воды физические, химические и санитарно-бактериологические показатели. К физическим показателям относятся запах и привкус,

цветность и мутность, а также температура. Химический состав воды могут охарактеризовать химические показатели. К санитарно-биологическим показателям относятся общая бактериальная загрязненность воды, содержание радиоактивных и токсичных компонентов. Минеральный состав воды может меняться в зависимости от условий окружающей среды и местонахождения. В состав питьевой воды входят микроэлементы: цинк, медь, марганец, йод, селен и еще примерно 40 других элементов. Условно микроэлементы делятся на жизненно необходимые (эссенциальные) и токсичные. Роль эссенциальных микроэлементов во многих процессах жизнедеятельности хорошо изучена. Токсичные микроэлементы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм, но, возможно, выполняют и полезные, пока еще недостаточно изученные функции (Оберлис, 2008).

**Ц е л ь р а б о т ы** – оценить показатели качества подземных вод Оренбургской области, а также содержание эссенциальных и токсичных микроэлементов в них.

\* Адрес для переписки:

Сальникова Елена Владимировна  
E-mail: salnikova\_ev@mail.ru

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

установить качественные показатели питьевой воды в различных зонах Оренбургской области;

изучить содержание эссенциальных и токсичных микроэлементов (цинк, медь, кадмий, свинец) в подземных водах Оренбургской области.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужили подземные воды из 35 административных районов Оренбургской области ( $n = 525$ ). Методы определения качества питьевой воды приведены в табл. 1.

Определение содержания цинка, меди, кадмия и свинца в исследуемых объектах проводили по стандартизированным методикам в аккредитованной лаборатории Испытательного центра Всероссийского НИИ мясного скотоводства (г. Оренбург) (аттестат аккредитации И.Л. NPOOCRU 000121 ПФ 59) методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии (Скальная и др., 2011).

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Microsoft Excel, включая описательную статистику, оценку достоверности различий по Стьюденту (Дёрффель, 1994).

Таблица 1. Методы определения показателей качества питьевой воды

Наименование показателя	Метод определения
рН	Измеряется рН-метром, погрешность не более 0,1 рН
Общая жесткость, ммоль/л	Титриметрический (СанПин 2.1.4.1074-01)
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	Гравиметрический (СанПин 2.1.4.1074-01)

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований изучали водородный показатель (рН), общую минерализацию и общую жесткость подземных вод в отобранных образцах. По устройству поверхности, геологическому строению и антропогенной нагрузке Оренбургскую область делят на три зоны: Западную – Предуралье, Центральную – горный Урал и восточную – Зауралье (Прихожай, 2004). В табл. 2 представлены показатели качества воды для каждой зоны. Для питьевой хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 6 до 9 (СанПиН, 2001).

В результате проведенных исследований было установлено, что кислотность (рН) подземных вод Оренбургской области в среднем находится в интервале 7,2–7,5. Исключение составляют районы Тоцкий, Кувандыкский и Ясенский, рН подземных вод которых колеблется в интервале 6,5–6,7. Доля источников с рН более 7,5 достигает в регионе 62,8%, причем значения

рН выше 8 (до 9,1) были обнаружены в Акбулакском, Беляевском, Новосергиевском и Перелюцком районах, расположенных в Центральной зоне области. Это может быть связано с наличием на данной территории газоперерабатывающих предприятий, выбросы которых опосредованно влияют на водородный показатель качества питьевой воды.

Жесткость воды отражает суммарное содержание ионов кальция и магния. Жесткая вода мало пригодна для хозяйственно-бытовых нужд. Кроме того, повышенная жесткость является важным фактором подземных вод, отрицательно сказывающимся на здоровье населения (Агаджанян и др., 2013). Результаты исследования показывают, что районы, расположенные в Центральной и Западной зонах Оренбургской области характеризуются мягкой водой со средним значением показателя жесткости 4,1–4,4 мг-экв/л, что соответствует установленным гигиеническим нормам (СанПин 2.1.4.1074-01) (табл. 2).

Таблица 2. Средние показатели качества подземных вод Оренбургской области

Наименование показателя	Зона			ПДК
	Западная	Центральная	Восточная	
рН	7,5	7,3	7,2	6 – 9
Общая жесткость, ммоль/л	4,4	4,1	7,3	7,0
Общая минерализация, мг/л	665,8	780,0	448,4	от 1000 до 1500

Таблица 3. Содержание эссенциальных и токсичных микроэлементов в подземных водах Оренбургской области, мг/л

Элемент	Зона			ПДК
	Западная	Центральная	Восточная	
Zn	1,99±0,099	1,44±0,072	4,73±0,237	5,00
Cu	0,08±0,004	0,06±0,003	1,053±0,053*	1,00
Cd	0,001±0,00005	0,001±0,00005	0,0006±0,00003*	0,001
Pb	0,02±0,001	0,02±0,001	0,03±0,0015	0,03

Примечание: \* –  $p \leq 0,001$  достоверные изменения по отношению к Западной и Центральной зонам.

Незначительное превышение ПДК (в 1,04 раза) в подземных водах Восточного Оренбуржья свидетельствует об избыточном содержании щелочных металлов на данной территории. Регулярное употребление такой воды оказывает негативное воздействие на органы пищеварения и нарушает баланс минеральных веществ в организме человека (Боев и др., 2001; Агаджанян и др., 2013). Полученные данные указывают на то, что уровень жесткости воды в Восточной зоне Оренбургской области превышает уровень Центральной и Западной зон почти в 2 раза. Таким образом, Оренбургская область в основном характеризуется невысокой или умеренной жесткостью воды.

Экспериментально установлено, что воды Центрального Оренбуржья характеризуются уровнем общей минерализации отмечено выше среднего (780,0 мг/л) относительно ПДК. Минимальное значение общей минерализации отмечено у вод Восточной зоны (448,4 мг/л) и на уровне среднего – Западной зоны (665,8 мг/л).

Уровень общей минерализации наиболее высокий в Центральной зоне, в абсолютном значении составляет 780 мг/л, и это выше относительно Западной зоны в 1,17 раза, а относительно Восточной – в 1,74 раза, что согласуется с данными Л.А. Чесноковой (2004). Повышенный уровень минерализации может быть вызван содержанием солей хлористоводородной кислоты, калия, натрия, а также токсичных ионов тяжелых металлов, которые представляют опасность для живых организмов (Онищенко, 1999).

На втором этапе исследований определяли содержание микроэлементов цинка и меди, а также токсичных металлов свинца и кадмия. Выявлено, что среднее значение содержания цинка в воде районов, расположенных в Во-

сточной зоне, наибольшее и составляет 4,73 мг/л, при ПДК=5 мг/л (табл. 3). Минимальное содержание цинка значительно ниже допустимых значений обнаружено в подземных водах Западной и Центральной зон (1,99 и 1,44 мг/л соответственно).

Минимальное содержание меди обнаружены в подземных водах Центральной зоны Оренбургской области (среднее значение составляет 0,06 мг/л). Ниже ПДК среднее значение концентрации меди в водах Западной зоны. Однако содержание меди в районах, расположенных в Восточной зоне, составило 1,053 мг/л, что достоверно превысило содержание этого элемента в Западной зоне в 13,2 раза и в Центральной – в 17,6 раза ( $p \leq 0,001$ ). Это может быть связано с тем, что районы Восточной зоны, находятся в полосе медноколчеданных месторождений (Блявинское, Гайское), на этой же территории находится Медногорский медно-серный комбинат. Выбросы этого предприятия оставляют свой след в подземных водах.

Результаты исследования показали, что уровень свинца во всех изученных зонах Оренбургской области не превышал ПДК для этого элемента (0,03 мг/л). В то же время в подземных водах Тоцкого района (Западная зона) установлено загрязнение кадмием, показатель его концентрации выше ПДК. В Саракташском, Оренбургском, Октябрьском и Акбулакском районах (Центральная зона) содержание кадмия в подземной воде колеблется от 0,002 до 0,004 мг/л, что выше ПДК в 2 и 4 раза соответственно. Кроме того, наблюдается достоверное снижение кадмия на 40% ( $p \leq 0,001$ ) в сравнении с Западной и Центральной зонами. В подземных водах остальных исследованных районов Оренбургской области кадмия не обнаружено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствуют, что показатели качества подземных вод в целом находятся в пределах нормы. Исключение составляют подземные воды районов Центральной зоны Оренбуржья, в которых обнаружены повышенные значения рН от 8 до 9,1. Мягкой водой со средним значением показателя жесткости 4,1–4,4 мг-экв/л характеризуются районы, расположенные в Центральной и Западной зонах Оренбуржья. При этом уровень жесткости воды в Восточной зоне превышает уровень жесткости воды в Центральной и Западной зонах почти в 2 раза. Наиболее высокий уровень общей минерализации зафиксирован в Центральной зоне Оренбуржья (780 мг/л), что относительно Западной зоны выше в 1,17 раза, а относительно Восточной – в 1,74 раза.

Установлено, что в подземных водах Восточной зоны Оренбуржья содержание цинка больше, чем Западной и Центральной – в 2,4 и 3,3 раза соответственно. Содержание меди в районах расположенных в Восточной зоне достоверно превысило содержание этого элемента в Западной зоне в 13,2 раза и в Центральной – в 17,6 раза ( $p \leq 0,001$ ). Выявлено, что уровень свинца во всех изученных районах не превышал ПДК для этого элемента. В водах районов Центрального Оренбуржья обнаружено превышение концентрации ионов кадмия.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Сальникова Е.В. Экологические проблемы и их влияние на здоровье населения (обзор). Микроэлементы в медицине. 2016. № 3. С. 14–18.

(Salnikova E.V. Environmental problems and their impact on public health (review). Trace elements in medicine. 2016. № 3. S. 14–18 [In Russ.]).

Боев В.М. Гигиеническая характеристика влияния антропогенных и природных геохимических факторов на здоровье населения Южного Урала. Гигиена и санитария. 1998. № 6. С. 38.

(Boev V.M. Hygienic characteristics of the influence of natural and anthropogenic geochemical factors on the health of the population of Southern Urals. Hygiene and sanitation. 1998. № 6. S. 38 [In Russ.]).

Боев В.М., Утегина В.В., Быстрых В.В. и др. Дисбаланс микроэлементов как фактор экологически обусловленных заболеваний. Гигиена и санитария. 2001. № 5. С. 6–8.

(Boev V.M., Utenina V.V., Bystrykh V.V., et al. The imbalance of trace elements as a factor of environment-related diseases. Health and Sanitation. 2001. № 5. P. 6–8 [In Russ.]).

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб: Наука, 2008. 544 с.

(Oberlis D., Harland B., Skalny A. The biological role of macro- and micronutrients in humans and animals. SPb: Science, 2008. 544 s. [In Russ.]).

Скальная М.Г. и др. Современные методы определения химических элементов [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов. М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». Электрон. текстовые дан. (1 файл: Kb). Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. Adobe Acrobat Reader 5.0.

(Skalnaya M.G., et al. Modern methods for the determination of chemical elements [electronic resource]: studies. manual for schools. M of Education and Science Ros. Federation Government. obrazovat. institutions of higher. prof. Education «Orenburg. State. Univ.» Electron. text given. (1 file: Kb). Orenburg: SEI OSU, 2011. Adobe Acrobat Reader 5.0 [In Russ.]).

Дёрффель К. Статистика в аналитической химии М.: Мир, 1994. 268 с.

(Dërffel K. Statistics in analytical chemistry. M.: Mir, 1994. 268 s. [In Russ.]).

Прихожай, Н.И., Новоженин И.А., Клевцов Н.В. Атлас мониторинга земель Оренбургской области. Оренбург: Печатный дом «Димур», 2004. 58 с.

(Prichozhai N.I., Novozhenin I.A., Klevtsov N.V. Land monitoring Atlas Orenburg Region. Orenburg: Printing House «Dimur», 2004. 58 s. [In Russ.]).

Санитарные нормы и правила СанПиН 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. М: Минздрав РФ, 2001. 89 с.

(Sanitary rules and regulations SanPiN 2.1.4.1074 – 01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized water supply systems. M.: the Ministry of Health of the Russian Federation, 2001. 89 s. [In Russ.]).

Агаджанян Н.А., Скальный А. В., Детков В. Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации. Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.

(Agadzhanyan N.A., Skalny A.V., Detkov V.Y. Elemental portrait of the man: the incidence, demographics and health management problem Nation. Human Ecology. 2013. № 11. S. 3–12 [In Russ.]).

Чеснокова Л.А. Экологическая характеристика качественного и количественного микроэлементного состава факторов среды обитания агропромышленного региона: Автореф. дис. канд. биол. наук. Оренбург, 2004. 24 с.

(Chesnokova L.A. The ecological characteristics of qualitative and quantitative microelement composition of environmental factors agroindustrial region: Author. dis. cand. biol. sciences. Orenburg, 2004. 24 s. [In Russ.]).

Онищенко Г.Г. Вода и здоровье. Экология и жизнь. 1999. № 4.

(Onishchenko G.G. Water and health. Ecology and Life. 1999. № 4 [In Russ.]).

## QUALITY INDICATORS OF UNDERGROUND WATER IN ORENBURG REGION

*E.V. Salnikova, O.V. Kwan, A.N. Sizentsov*

Orenburg State University, Pobedy str. 13, Orenburg, 460015, Russia

**ABSTRACT.** To date, the problem of water quality is considered to be one of the major environmental issues. A study of groundwater quality was conducted the Orenburg region; hardness, pH, total salt content and the content of essential (copper, zinc) and toxic (lead, cadmium) trace elements were investigated. Water samples were collected in 35 administrative districts of the Orenburg region ( $n = 525$ ). It was established that the groundwater from Central and Western parts of the Orenburg region is characterized by soft water with an average hardness value 4.1–4.4 mg-Eq/l. Elevated pH from 8 to 9.1 were found in the waters from Central part of the Orenburg region. The highest total salt content was detected in the Central part of the Orenburg region (780 mg/l) that is 1.17 times as high as in the Western part and 1.74 times as high as in the Eastern part. The minimum content of zinc was found in the groundwater from Western and Central parts of the region (1.99 mg/l and 1.44 mg/l respectively). The copper content in groundwater from areas located in the Eastern part of the Orenburg region was found to be 1.053 mg/l that was significantly higher than content of the element in water from the Western part (13.2 times as high) and from the Central part (17.6 times as high),  $p \leq 0,001$ . In addition, a cadmium excess over MPC was detected in water from the Akbulaksky and Oktyabrsky districts as 2 times as much, Saraktashsky and Orenburgsky districts as 4 times as much.

**KEYWORDS:** underground water, total salt content, total hardness, zinc, copper, cadmium, lead.