

СОДЕРЖАНИЕ СВИНЦА В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Каримова А.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, e-mail: karimova_av@mail.ru

В данной работе изучены основные экологические и гидрохимические особенности содержания, распределения, варьирования и миграции ионов свинца в питьевых водах Восточно-Казахстанской области. Установлен химический тип питьевой воды по преобладающему аниону и катиону, изучено его влияние на концентрацию ионов свинца в исследуемых питьевых водах. Представлена сравнительная оценка среднего содержания свинца в питьевых водах исследуемого региона с нормативами качества воды и гидрогеохимическими эталонами. Установлено, что среднее содержание свинца в питьевых водах Восточно-Казахстанской области зависит от химического типа вод, но не подчиняется закону нормального распределения, характеризуется средней миграцией, не превышает предельно-допустимую концентрацию (ПДК) по Санитарным правилам Республики Казахстан (РК) и нормативу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Ключевые слова: питьевая вода, Восточно-Казахстанская область, свинец, макрокомпоненты, гидрогеохимический эталон, геоморфологическая зональность.

THE CONTENT OF LEAD IN DRINKING WATER OF EAST KAZAKHSTAN REGION

Каримова А.В.

Branch Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, e-mail: karimova_av@mail.ru

In this paper, the main ecological and hydrochemical characteristics of concentration, distribution, variation and migration of the lead ions in drinking water of the East Kazakhstan region have been studied. Chemical type of drinking water and its influence on the concentration of lead ions in the studied waters also was defined. In paper has shown a comparative evaluation of the lead content in drinking water of the region with water quality and hydro-geochemical standards. Established that the concentration of lead in drinking water of the East Kazakhstan region depends on the type of water but is not subject to the normal distribution function, is characterized by medium migration does not exceed the maximum permissible concentration (MPK) of sanitary regulations of the Republic of Kazakhstan (RK) and WHO guidelines.

Keywords: drinking water, East Kazakhstan region, lead, macrocomponents, gidrogeochemical standard, geomorphological zonality.

Введение

Питьевая вода является первой необходимостью для поддержания жизни, а адекватное и безопасное обеспечение водой должно быть общедоступным [9]. В настоящее время серьёзным опасением является недостаток питьевой воды, её качественные изменения, несоответствие санитарно-гигиеническим требованиям [6]. Проблемы со здоровьем, связанные с химическими веществами, содержащимися в питьевой воде, возникают в основном из-за способности химических веществ вызывать неблагоприятное воздействие на здоровье после продолжительных периодов воздействия. Тяжёлые металлы, к числу которых относится и свинец, содержащиеся в воде, способны оказывать мутагенное, канцерогенное, эмбриотоксическое и нефротоксическое воздействие [11]. Установлено, что длительное потребление вод даже с низкой концентрацией свинца приводит к нарушению обмена веществ и возникновению хронических заболеваний, может стать причиной расстройства

нервной системы и поражения головного мозга. Это говорит об огромной значимости этой проблемы, в том числе и для Восточно-Казахстанской области.

Восточно-Казахстанский регион общей площадью 283,3 тыс. км² отличается благоприятными природными гидрогеологическими условиями для формирования пресных, реже слабосоленоватых подземных вод [4]. В данном регионе проживает более миллиона человек, при этом обеспеченность области централизованным водоснабжением составляет около 50 %. Кроме того, в проблеме водоснабжения крупных городов региона необходимо отметить и то, что водопроводные сети крайне изношены и это приводит к загрязнению питьевых вод в сети.

Цель исследования

Определить основные характеристики содержания, распределения, варьирования и миграции свинца в питьевых водах Восточно-Казахстанской области.

Материал и методы исследования

Объектами исследования послужили 333 пробы питьевой воды, отобранные с различных районов Восточно-Казахстанской области, в том числе 127 проб воды – «из крана», 92 пробы воды – «с колонок», 76 проб воды – «с колодца», по 19 проб воды – «из скважин» и воды «из родника».

Отбор проб воды, их хранение, транспортировка и подготовка к анализу проводилась в соответствии с рекомендациями и утвержденным ГОСТ Р 51592-2000 [2].

Определение физико-химических параметров воды и содержание в ней свинца проводилось согласно межгосударственным стандартам, указанным в ГОСТ Р 51232-98 [3]. Содержание суммы ионов натрия и калия установили расчетным методом. рН определяли потенциометрией на преобразователе ионометрическом И-500.

Статистическая обработка проводилась в соответствии с руководством Н.А. Плохинского [8] с использованием программ STATISTICA и MicrosoftExcel.

Результаты исследования и их обсуждение

Вариационно-статистические показатели содержания свинца и макрокомпонентного состава питьевых вод Восточно-Казахстанской области представлены в таблице 1.

Проведённое исследование позволило установить химический тип питьевой воды исследуемого региона, изучить его влияние на концентрацию ионов свинца, рассчитать формулу солевого состава для каждого типа воды.

Таблица 1. Химический состав и содержание свинца в питьевых водах Восточно-Казахстанской области

Параметры	$X \pm S_x$	lim	ρ	σ	$C_v, \%$	M_0	M_e
рН	7,37±0,02	6,69–8,32	1,63	0,3	4,3	7,5	7,3

Сухой остаток	329,8±14,68	95–1640	1545	267,9	81,2	185	212
Общая жёсткость	4,02±0,15	1,05–15,09	14,04	2,8	68,8	2,6	3,0
HCO ₃ ⁻	163,0±3,41	62–551	489	62,2	38,2	134	145
Cl ⁻	64,8±4,90	5–600	595	89,4	138,1	16	29
SO ₄ ²⁻	63,1±4,13	3–519	516	75,4	119,4	24	36
NO ₃ ⁻	6,1±0,68	0,03–106	105,97	12,4	202,5	0,4	1,4
Ca ²⁺	44,7±1,23	13–146	133	22,5	50,3	28	37
Mg ²⁺	21,6±1,16	2–116	114	21,2	98,1	10	14
Na ⁺ +K ⁺	47,0±3,27	4–565,4	561,4	59,7	127,2	19	26,4
Pb	5,3±0,30	0,1– 24,6	24,5	5,4	102,2	3,2	3,4

*Примечание: Здесь и далее: n – количество проб, $\bar{X} \pm S_x$ – среднее \pm ошибка среднего, σ – стандартное отклонение, *lim* – размах лимитов, ρ – разность между лимитами, $C_v\%$ – коэффициент вариации, M_0 – мода, M_e – медиана. Единица измерения для основных ионов воды – мг/дм³, общей жесткости – ммоль/дм³, свинца – мкг/дм³.*

По значению водородного показателя 67 % исследуемых проб питьевой воды имеют нейтральную (6,5–7,5), 33 % – слабощелочную (7,5–8,5) реакцию.

По классификации А.М. Овчинникова [7], значительная часть исследованных проб питьевой воды по величине общей минерализации (сухого остатка) относится к ультрапресным (до 200 мг/дм³), пресным (200–500 мг/дм³), реже встречаются солоноватые воды (1000–3000 мг/дм³) и воды с относительно повышенной минерализацией (500–1000 мг/дм³). На долю ультрапресных вод приходится 45,4 % исследованных проб, пресных – 36,3 %, солоноватых – 4,2 % и на долю вод с относительно повышенной минерализацией – 14,1 % проб.

По классификации О.А. Алёкина [1], 4,5 % исследуемых вод относятся к очень мягким (<1,5 ммоль/дм³), 46,9 % – к мягким (1,5–3,0 ммоль/дм³), 31,2 % – к умеренно жёстким (3,0–6,0 ммоль/дм³), 9,6 % – к жёстким (6,0–9,0 ммоль/дм³), 7,8 % – к очень жёстким водам (9,0 > ммоль/дм³).

Содержание свинца в исследуемых водах колеблется от 0,1 до 24,6 мкг/дм³, изменяясь в 246 раз, коэффициент вариации равен 102,2 %. Такое распределение свинца нельзя назвать нормальным, так как значения моды $M_0(3,2)$ и медианы $M_e(3,4)$ не совпадают со средней концентрацией свинца в исследуемых водах (5,3 мкг/дм³). К тому же рассчитанный нами критерий Пирсона ($\chi^2 = 724,0$) в 32 раза выше стандартного его значения ($\chi^2_{st} = 22,5$) (рисунок 1).

Результаты вариационной статистики показали, что ведущим классом распределения свинца является класс <2,8 мкг/дм³, на который приходится 41,4 % от всех исследуемых проб питьевой воды.

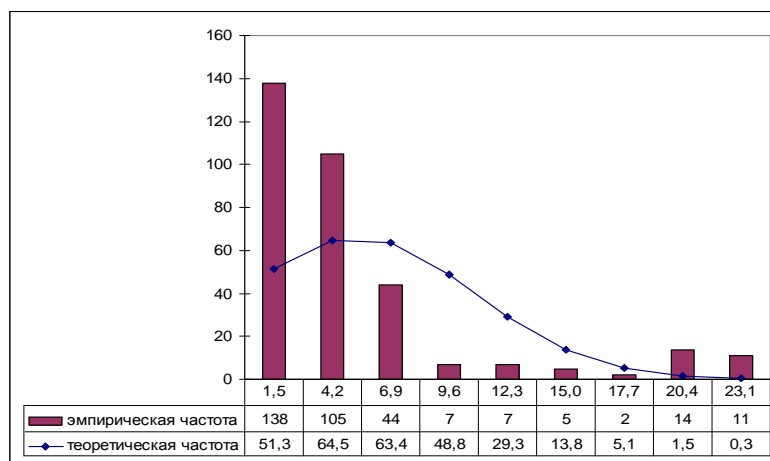


Рисунок 1. Вариационный ряд распределения свинца

Среди изученных компонентов макросостава свинец имеет наиболее высокую корреляционную связь с нитрат-ионами ($r=0,53$, $t_r = 13,27$). От гидрокарбонат- и натрий-калий-ионов корреляция отсутствует, от остальных компонентов макросостава выявлены слабые корреляционные связи, являющиеся достоверными.

В пределах изученных типов вод, по степени минерализации, общей жесткости и pH исследуемые воды были ранжированы по содержанию в них свинца. Так, по среднему содержанию свинца (мкг/дм^3) типы вод образуют следующий возрастающий ряд:

сульфатно-натриево-калиевые (3,3) < гидрокарбонатно-магниевые (3,6) = сульфатно-натриево-калиевые (3,6) < гидрокарбонатно-натриево-калиевые (3,7) < гидрокарбонатно-кальциевые (5,4) < хлоридно-кальциевые (5,6) < хлоридно-магниевые (6,1) < хлоридно-натриево-калиевые (6,9) < сульфатно-магниевые (13,3).

Из которого видно, что среднее содержание свинца в водах хлоридного класса примерно одинаковое, а именно $5,6 \text{ мкг/дм}^3$ для вод группы кальция, $6,1 \text{ мкг/дм}^3$ для вод группы магния и $6,9$ для вод группы натрия и калия. Наибольшая концентрация свинца характерна для вод сульфатно-магниевых типа, наименьшая — для вод сульфатно-кальциевых типа.

По средней концентрации свинца типы вод ранжируемых по величине сухого остатка и общей жесткости возрастают в следующем порядке:

ультрапресные (3,6) < воды с относительно повышенной минерализацией (5) < пресные (7,3) < солоноватые (9);

очень мягкая (2,5) < мягкая (4,0) < жесткая (5,7) < умеренно жесткая (7,1) = очень жесткая (7,1).

Таким образом, содержание свинца в солоноватых водах в 2,5 раза выше, чем в ультрапресных, что говорит о тенденции свинца к накоплению в сторону более минерализованных вод.

Также установлено, что все пробы питьевой воды, составляющие модальный класс ($<2,8 \text{ мкг/дм}^3$) распределения свинца, а именно 41,4 %, по значению сухого остатка и общей жесткости лежат в диапазоне ультрапресных и очень мягких вод.

Между содержанием свинца в нейтральных ($5,9 \text{ мкг/дм}^3$) и слабощелочных ($4,2 \text{ мкг/дм}^3$) водах существенной разницы нет.

Также были обнаружены некоторые гидрогеохимические свойства свинца. Во-первых, необходимо отметить низкую геохимическую подвижность свинца и его способность к трансформации. Во-вторых, многими исследователями отмечается способность этого токсичного металла связываться с гипергенными новообразованиями. Вышеуказанные факторы приводят к ослаблению зависимостей распределения свинца от физико-химических параметров воды. Резкое увеличение содержания свинца в водах сульфатно-магниевого типа можно объяснить усилением растворимости соединений этого элемента в водах данного состава, а также высоким содержанием нитрат-ионов в указанном типе воды [5], имеющих наиболее значительные связи со свинцом.

Выявлена природная геоморфологическая зональность распределения свинца в питьевых водах исследуемого региона (таблица 2).

Максимальное содержание свинца (мкг/дм^3) в питьевых водах исследуемого региона характерно для вод Западного (Рудного) Алтая (17,47); минимальное – для вод Прииртышской равнины (3,28). Нельзя не отметить, что концентрация свинца в питьевых водах Западного (Рудного) Алтая в 3–5 раз выше, чем в водах остальных изучаемых геоморфологических единиц.

Таблица 2. Среднее содержание свинца в питьевых водах геоморфологических единиц Восточного Казахстана, мкг/дм^3

Регионы	Pb
Западный (Рудный) Алтай	17,47
Калбинский хребет	6,16
Саур - Тарбагатай	5,20
Зайсанская впадина	4,23
Кокпектино-Чарский мелкосопочник	4,16
Балхаш-Алакольская впадина	4,09
горы Чингизтау	3,93
Прииртышская равнина	3,28

Сравнительная оценка содержания свинца в питьевых водах исследуемого региона с нормативами качествами воды и гидрогеохимическими эталонами представлена в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительная оценка содержания свинца в питьевых водах Восточно-Казахстанской области с нормативами качества воды и гидрогеохимическими эталонами

Компонент	Наши	Санитарные	ВОЗ,	Воды зоны	Воды провинции
-----------	------	------------	------	-----------	----------------

	данные	правила РК [10]	2011	гипергенеза [12]	континентального засоления [12]
Pb	5,3	<u>30</u> -	<u>10</u> -	<u>2,97</u> 56,8	<u>6,12</u> 22,2

Примечание: в числителе – концентрация Pb, в знаменателе – доля проб, превышающих норматив (эталон), в %, прочерк – нет превышения.

Из таблицы 3 видно, что содержание свинца в исследуемых водах не превышает ПДК по Санитарным правилам РК и норматив ВОЗ. Однако в 56,8 % и 22,2 % от общего количества исследуемых проб питьевой воды концентрация свинца превышает таковую по сравнению с водами зоны гипергенеза и водами провинции континентального засоления соответственно.

По полученным данным был рассчитан коэффициент опасности (K_0), который отражает отношение средней концентрации элемента в исследуемых водах к ПДК данного элемента в питьевой воде. K_0 свинца варьирует от 0,00 до 0,82, в среднем составляя 0,18. Рассчитан коэффициент водной миграции свинца, который согласно А.И. Перельману характеризует условную скорость выноса химических элементов относительно их кларковых содержаний в горных породах. Относительно кларка Виноградова коэффициент водной миграции свинца колеблется от 0,02 до 4,67, т.е. элемент местами характеризуется средней миграцией. Также был рассчитан кларк концентрации (K_k) – отношение среднего содержания химического элемента в исследуемых водах к кларку. В конкретном случае кларком считали содержание элемента в водах зоны гипергенеза. Среднее значение K_k свинца составило 1,79, при минимальном его значении – 0,03, максимальном – 8,28.

Заключение

Таким образом, содержание свинца в питьевых водах Восточного Казахстана считается удовлетворительным. Однако ввиду нарастающего устаревания водопроводной сети крупнейших городов региона и близлежащих населенных пунктов, необходимо проводить дальнейший детальный мониторинг качества и экологического состояния питьевых вод.

Список литературы

1. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 432 с.
2. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 8 с.
3. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.

4. Егорина А. В. Физическая география Восточного Казахстана. Западный и Восточный субрегионы: учеб. пособие / А. В. Егорина; А. В. Егозина, Ю. К. Зинченко, Е. С. Зинченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – У-Ка: Альфа-ПРЕСС, 2002. – 182 с.
5. Каримова А.В. Содержание нитрат-ионов в питьевых водах Восточно-Казахстанской области // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 4 (41). – С. 402-405.
6. Кутковец А.А. Экологическая оценка питьевой воды и системы её подготовки для нужд населения г. Костромы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2009. – 20 с.
7. Овчинников А.М. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1970. – 201 с.
8. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
9. Руководство по обеспечению качества питьевой воды. – Т.1. – 4-е изд., перераб. и доп. – Женева: ВОЗ, 2011. – 63 с.
10. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким источникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов». – Астана, 2012.
11. Сенотрусова С.В. Оценка влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения промышленных городов // Экология и промышленность России. – 2005. – № 3. – С.34-36.
12. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

Рецензенты:

Наплекова Н.Н., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой агроэкологии и микробиологии, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск.

Галеев Р.Р., д.с.-х.н., профессор кафедры растениеводства, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск.