

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 615.326:549.67:549.623.5

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ НА КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**Елена Павловна Бугриева¹, Раиса Сергеевна Щипанова², Надежда Александровна Царенко¹, Наталия Викторовна Огневская¹, Иван Сергеевич Постников¹**¹ Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии (АО «ВНИПИПромтехнологии»), химико-аналитическая лаборатория, Москва, Россия² Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии (АО «ВНИПИПромтехнологии»), научно-исследовательская лаборатория гидрометаллургических технологий, Москва, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Елена Павловна Бугриева,
Bugrieva.E.P@vnipipt.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований влияния природных сорбентов – глауконита и цеолита (клиноптилолита) на состав московской водопроводной воды. Показано, что использование фильтров на основе предлагаемых природных сорбентов и биологически активных добавок для улучшения характеристик чистой воды, регламентируемых нормативными документами, нецелесообразно, так как качество водопроводной воды в Москве высокое. Установлено, что минеральные шарики способствуют получению высокощелочной воды с очень низким показателем окислительно-восстановительного потенциала.

Ключевые слова: вода, цеолит, клиноптилолит, глауконит, минеральные шарики, рН, окислительно-восстановительный потенциал, сорбент

DOI: 10.55959/MSU0579-9384-2-2025-66-4-328-339

Финансирование. Исследование выполнено в рамках бюджетного финансирования АО «ВНИПИПромтехнологии».

Для цитирования: Бугриева Е.П., Щипанова Р.С., Царенко Н.А., Огневская Н.В., Постников И.С. Влияние природных сорбентов на качество питьевой воды // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2025. Т. 66. № 4. С. 328–339.

ORIGINAL ARTICLE

IMPACT OF NATURAL SORBENTS ON DRINKING WATER QUALITY

Elena P. Bugrieva¹, Raisa S. Schipanova², Nadezhda A. Tsarenko¹,
Natalia V. Ognevskaya¹, Ivan S. Postnikov¹

¹ Chemical Analytical Laboratory of Leading Design, Survey and Research Institute of Industrial Technology JSC (VNIPIpromtekhnologii JSC), Moscow, Russian Federation

² Research Laboratory of Hydrometallurgical Technologies of Leading Design, Survey and Research Institute of Industrial Technology JSC (VNIPIpromtekhnologii JSC), Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Natalia V. Ognevskaya, Ognevskaya.N.V@vnipt.ru

Abstract. The article presents the results of studies of the effect of natural sorbents – glauconite and zeolite (clinoptilolite) on the composition of Moscow tap water. It has been shown that the use of filters based on the proposed natural sorbents and biologically active additives to improve the characteristics of clean water regulated by regulatory documents is not advisable, since the quality of tap water in Moscow is high. Mineral beads have been found to produce highly alkaline water with a very low redox value.

Keywords: water, zeolite, clinoptilolite, glauconite, mineral beads, pH, redox potential, sorbent

Financial Support. The study was carried out within the framework of budget financing of VNIPIpromtekhology JSC.

For citation: Bugrieva E.P., Schipanova R.S., Tsarenko N.A., Ognevskaya N.V., Postnikov I.S. Impact of Natural Sorbents on Drinking Water Quality // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 2. Khimiya. 2025. T. 66. № 4. S. 328–339.

Вода в жизни человека играет очень важную роль. Сегодня качеству питьевой воды придают большое значение. Чистой доступной воды в мире становится меньше вследствие деятельности человека, роста численности населения, изменения климата и т.д. Анализ на тему «Российский рынок питьевой и минеральной воды: итоги 2020 г., прогноз до 2024 г.», проведенный NeoAnalytics, показал, что в последние годы наблюдается быстрый рост рынка бутилированной воды во всем мире. Население начинает осознавать проблему, используя различные фильтры и БАДы, призванные повысить качество питьевой воды. Особый интерес вызывает использование активированной («живой» и «мертвой») воды. Исследования по применению активированной воды очень интенсивно проводятся как в России, так и за рубежом. Одним из методов активации воды считается взаимодействие воды с минералами. Не все минералы активируют воду, а только те, которые изменяют содержание в воде ионов H^+ и OH^- или непосредственно взаимодействуют с молекулами воды, хотя бы немного растворяясь в ней. Однако эта проблема мало изучена. До

настоящего момента остаются спорными и неисследованными важнейшие свойства воды, в значительной мере обуславливающие ее влияние на здоровье человека.

Настоящее исследование проводили в целях оценки влияния природных минеральных сорбентов на состав водопроводной воды по характеристикам, которые регламентируются нормативными документами. Биологическое воздействие сорбентов на качество воды, степень ее структурирования и энергетической заряженности, изотопные характеристики и прочие подобные показатели в данной работе не изучались.

Материалы и методы исследований

В качестве сорбентов использовали товарные продукты (БАДы, фильтры) на основе цеолита Холинского месторождения и глауконит Лопатинского месторождения.

Холинское месторождение цеолитов расположено в Бурятии в пределах Хуртейской впадины, заполненной вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами, претерпевшими

метасоматические изменения в зависимости от глубины и условий залегания [1]. Вторичные преобразования выражены хлоритизацией и цеолитизацией, имеющей площадное распространение. Из цеолитов установлены клиноптилолит и морденит, встречающиеся совместно и часто образующие тонкие сростания. Преобладает клиноптилолит, распространенный обычно в верхней части разреза; агрегаты морденита появляются ниже по разрезу [2].

Для получения цеолитового сырья используют технологию комплексного избирательного метода удаления примесей из цеолитовой породы, осуществляемого в два этапа: 1) каскадная механическая активация, 2) термическая активация. Производство идет без применения химической обработки сырья, исключен контакт с химически активными материалами, не используются компоненты, полученные химическими способами.

По химическому составу цеолиты представляют собой каркасные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов. Внутри алюмосиликатного каркаса находятся катионы металлов, которые уравнивают заряд каркаса, чаще всего это кальций (Ca^{2+}), калий (K^+), натрий (Na^+), магний (Mg^{2+}) и др. Эти ионы в результате ионного обмена способны замещаться на другие катионы.

Клиноптилолит – один из самых распространенных природных цеолитов. Он имеет сложную формулу:



Благодаря своей пористой структуре минерал удерживает в себе тяжелые металлы, радионуклиды, токсичные вещества, проявляет ионно-ситовый эффект по отношению к крупным органическим катионам [3], имеет сильное сродство к катиону аммония (NH_4^+). Сам клиноптилолит является чистым, инертным и нетоксичным минералом, который используется при очистке воды и нефтепродуктов, для осушения влаги, в растениеводстве, животноводстве, птицеводстве и т.д.

Глауконитовый концентрат получают путем электромагнитной сепарации кварцево-глауконитовых песков Лопатинского месторождения фосфоритов. Месторождение расположено в Московской обл. недалеко от г. Воскресенск. Глауконит – минерал из группы гидрослюд подкласса слоистых силикатов, имеющий непостоянный и сложный состав:



Благодаря особенностям кристаллической структуры, которые определяют способность этого минерала к катионному обмену, глауконит издавна использовали для смягчения воды, а позднее и для ее очистки. Высокие адсорбционные и катионообменные свойства глауконита можно использовать для ликвидации загрязнений, находящихся в осадках очистных сооружений и промышленных стоков, в грунтах и водных объектах, с помощью площадного внесения и создания геохимических барьеров [4]. Доказана высокая способность глауконита к поглощению (сорбции) стронция, цезия, плутония и тяжелых металлов при очистке почв и водоемов [5]. Как калийсодержащий минерал глауконит можно использовать для получения калийных удобрений или как естественное удобрение без переработки [6]. Выявлено стимулирующее действие глауконита на развитие полезной микрофлоры почв, определяющих их плодородие [7]. Установлена эффективность использования глауконита в качестве минеральной подкормки в птицеводстве и животноводстве [8]. Благодаря насыщенной и стойкой зеленой окраске глауконит используется как естественный пигмент в масляной живописи, а также для производства зеленых красок в промышленных целях.

Для исследований использовали наиболее распространенные продукты на основе природных сорбентов, встречающиеся в продаже под маркой «товары для здоровья»: цеолит пищевой, представляющий собой особым образом обработанную смесь тонкоизмельченного клиноптилолита с монтмориллонитом (рис. 1, а), фильтр для чайника, содержащий крупные куски природного цеолита (рис. 1, б), и минеральные шарики для картриджа бутылки-генератора водородной воды (рис. 1, в), часто называемые «цеолитовые шарики», а также 85%-й концентрат глауконита (рис. 1, г).

Для изучения химического состава сорбентов твердые образцы были истерты на вибрационной микромельнице FRITSCH PULVERISSETT 0 и переведены в растворы с применением соответствующей пробоподготовки. Определение концентрации химических элементов в воде и водных растворах проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС ИСП) на приборе VISTA PRO (Varian, США). Содержание рубидия и цезия определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Agilent 240 FS AA. Содержание двухвалентного железа в полученном растворе опре-

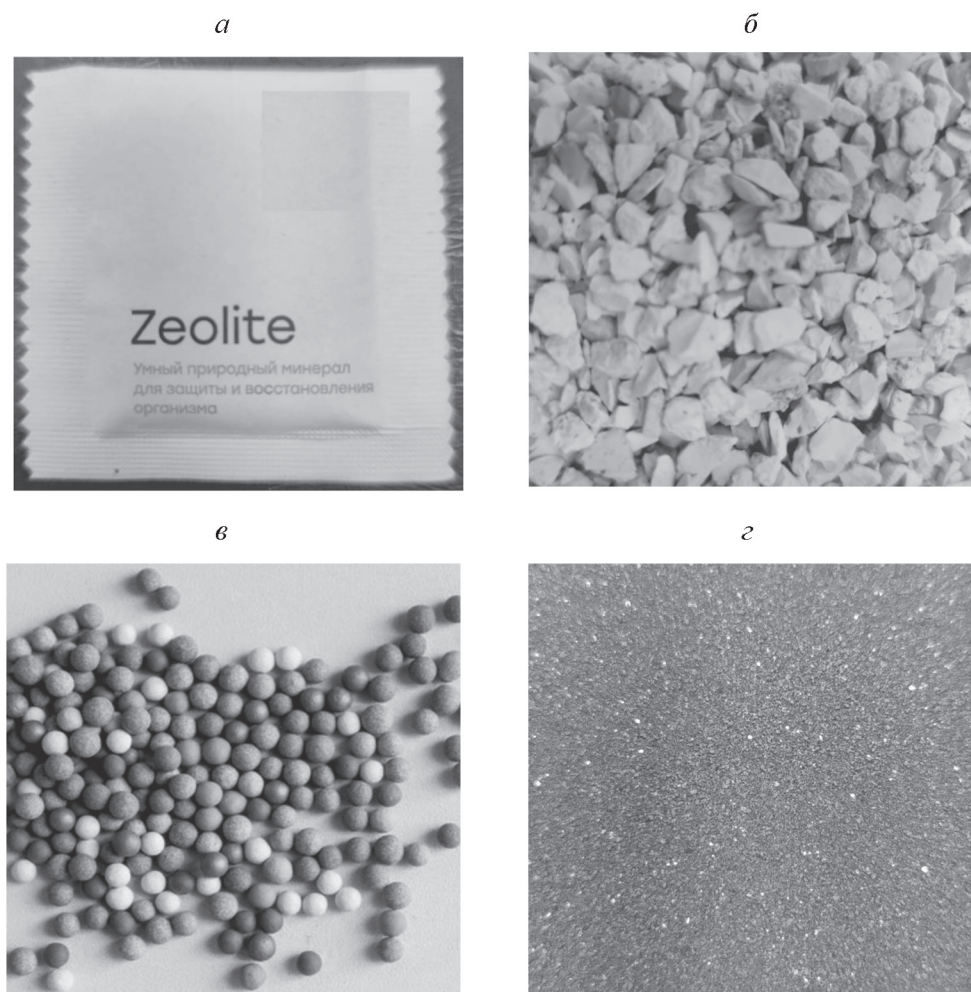


Рис. 1. Образцы сорбентов, использованных для исследований: *а* – цеолит пищевой, *б* – цеолит природный (фильтр для чайника), *в* – минеральные шарики, *г* – концентрат глауконита

деляли титриметрическим методом с использованием в качестве титранта раствора двухромовокислого калия. Для определения pH и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) воды и водных растворов использовали pH-метр «HI-9025». Удельную поверхность пористых образцов определяли на анализаторе удельной поверхности NOVAtouch NT1LX-1 (Quantachrome, США). Удельную активность растворов с радионуклидом Cs-137 определяли на спектрометрической установке МКС-О 1А «Мультирад». Изучение фазового состава минеральных шариков осуществляли посредством сканирующего электронного микроскопа СЭМ EVO 10 (Zeiss, Германия) с ЭДС SmartEDX (Zeiss&EDAX, США, Германия). Исследование химического состава проводили в режиме сканирования профиля и режиме изучения в локальной точке.

Методика проведения экспериментов заключалась в том, что подготовленные образцы цео-

лита пищевого, глауконита и шарики заливали обычной водопроводной водой из-под крана в соотношении 1:10. Через 30 мин, 4 и 22 ч снимали показания pH и ОВП. Через 30 мин и 22 ч в отфильтрованных растворах определяли содержание химических элементов. В соответствии с инструкцией по применению цеолитового фильтра для чайника, содержащего природный цеолит, были проведены такие же исследования воды после второго и третьего кипячения.

Результаты и обсуждение

При выборе минеральных сорбентов для решения технологических и научных задач необходимо знать параметры, характеризующие их пористость. В настоящей работе определена удельная поверхность использованных для исследований сорбентов, которая составила, $\text{м}^2/\text{г}$: для природного цеолита (клиноптилолита) – 32,621, пище-

Т а б л и ц а 1

Оксидный состав сорбентов, %

Оксиды	Цеолит пищевой	Цеолит природный	Цеолит природный после 1 мес. использования	Глауконит
SiO ₂	53,97	57,84	60,26	53,75
TiO ₂	0,12	0,11	0,13	–
ZrO ₂	0,02	0,02	0,02	–
B ₂ O ₃	–	0,02	0,02	0,12
Al ₂ O ₃	12,20	13,02	13,11	10,18
Fe ₂ O ₃ общ.	0,89	0,87	0,99	15,72
FeO	–	–	–	0,59
MgO	0,23	0,22	0,55	2,37
MnO	0,14	0,05	0,07	–
CaO	1,36	1,33	2,35	1,33
K ₂ O	4,53	3,77	3,58	4,88
Na ₂ O	2,47	1,82	0,85	0,36
P ₂ O ₅	–	0,004	0,009	0,27
Влажность	4,22	5,89	5,17	4,05
Сумма	80,08	85,44	87,96	93,62

вого цеолита – 12,994, глауконита – 52,357, смеси минеральных шариков – 1,23.

Значение удельной поверхности природного цеолита близко к данным работы [9] (29,1840 м²/г) для клиноптилолита Холинского месторождения. Согласно [9], каждая пора в структуре цеолита по трем взаимно перпендикулярным направлениям сообщается с соседними через «окна». Образуется система внутрикристаллических пор и полостей, в которых легко происходит адсорбция молекул соответствующего размера.

Механизм сорбции глауконитом другой. Адсорбированные молекулы располагаются слоями в ориентированном положении между слоистыми пакетами. Удельная поверхность глауконита, используемого в настоящей работе, выше, чем у клиноптилолита, что связано, вероятно, с размерами чешуек глауконита. По данным других исследователей [10], использующих глауконит Белозерского месторождения, удельная поверхность немодифицированного глауконита составляет 35,04 м²/г.

Значительное снижение удельной поверхности при переходе от природного цеолита к пищевому связано, по-видимому, со специальной обработкой природного минерала, оказывающей влияние на его пористость. Минеральные шарики благодаря особой оболочке имеет такую низкую удельную поверхность, что их трудно отнести к пористым материалам.

Следует отметить, что высокая пористость клиноптилолита и глауконита может положительно влиять не только на адсорбционные, но и на катионообменные свойства сорбентов. Вместе с тем с повышением пористости может увеличиваться частичная растворимость минералов в воде и водных растворах.

По данным зарубежных и отечественных исследователей, цеолиты и глаукониты являются прекрасными сорбентами радионуклидов и могут использоваться для очистки зараженных вод. По данным Нельсона (США), который исследовал свойства природных цеолитов (клиноптилолита, эрионита, филлипсита), обменная емкость природных цеолитов составляла 200–400 мг-экв на 1 г. Наиболее селективным поглотителем для Sr и Cs среди этих цеолитов оказался клиноптилолит [11].

Проведенные нами сравнительные исследования сорбционной способности цеолита пищевого и глауконита на модельных растворах с радионуклидом Cs-137 при продолжительности контакта 22 ч показали, что степень извлечения радионуклида из раствора глауконитом и цеолитом пищевым практически одинакова.

По химическому составу цеолиты и глауконит относятся к алюмосиликатам. Их основное различие заключается в том, что в глауконите, в отличие от цеолита, присутствует значительное количество железа и магния, а количество

щелочных и щелочноземельных элементов у обоих минералов примерно одинаково (табл. 1). Повышенное содержание фосфора в глауконитовом концентрате связано с приуроченностью глауконитовых песков к месторождению фосфоритов.

В природном и пищевом цеолите в качестве микропримесей присутствуют соответственно, %: Nb – 0,007 и 0,005, Pb – 0,002 и 0,002, Sr – 0,005 и 0,004, Zn – 0,009 и 0,006, Zr – 0,015 и 0,015, Rb – 0,021 и 0,018, Cs – 0,0002 и 0,0002. Содержание мышьяка, кобальта, хрома, никеля, селена и меди было ниже порога обнаружения методом АЭС ИСП.

После использования в течение месяца фильтра для чайника образец природного цеолита высушили, истерли и проанализировали. В обрабо-

танном фильтре, по сравнению с неиспользованным, в два раза увеличилось количество магния и кальция и в два раза уменьшилось содержание натрия (табл. 1), следовательно, цеолит сорбировал из воды кальций и магний и отдавал натрий в результате ионного обмена.

Для изучения фазового состава минеральных шариков, входящих в набор для картриджа бутылки-генератора водородной воды, были изготовлены полированные аншлифы диагональных срезов шариков. В набор входят шарики разных цветов: серого, белого, коричневого, оранжевого и золотого (рис. 1, в). Органическая оболочка конкретного цвета отражала определенный фазовый минеральный состав, изучение которого проводили с помощью электронной микроско-

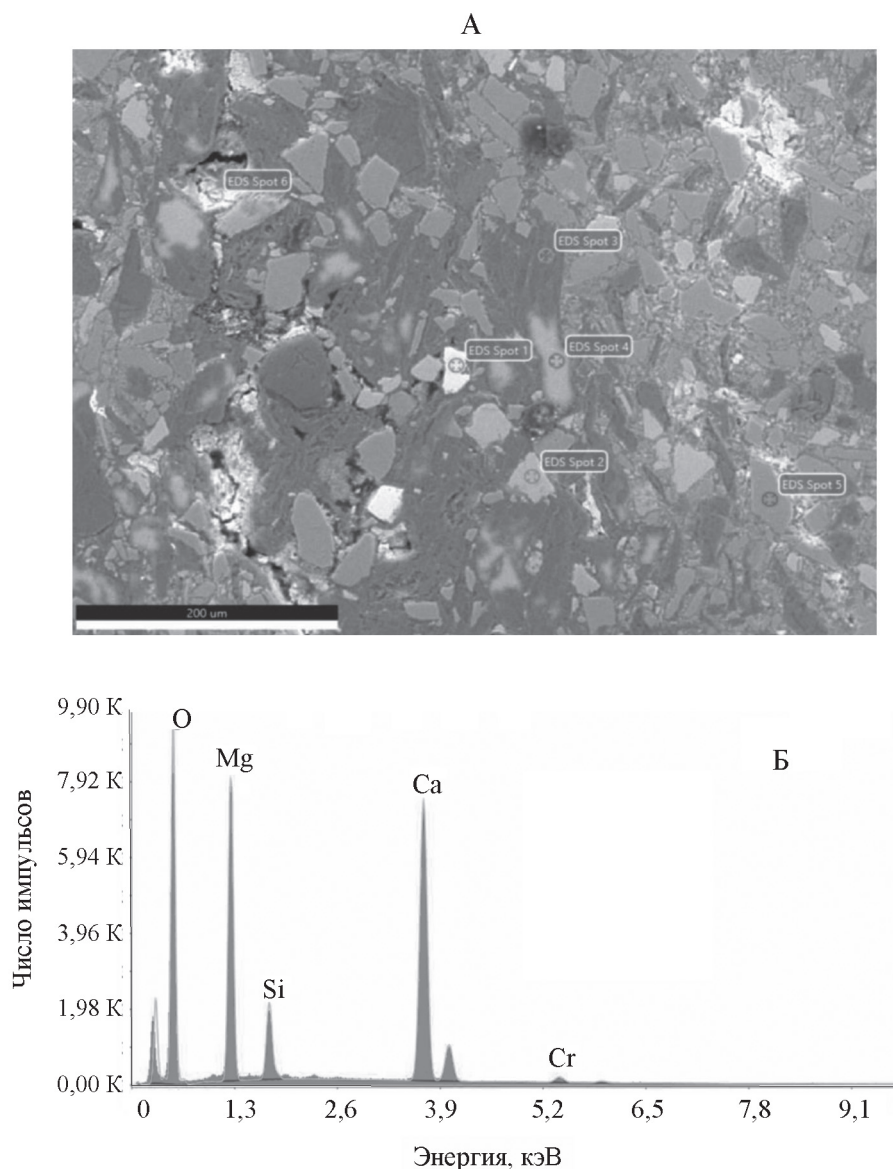


Рис. 2. А – срез шарика серого цвета (изображение обратно-рассеянных электронов (BSE));
 Б – спектр состава в точке 2

пии. Серые шарики составляют более 60% от общего числа шариков в наборе. Они состоят из зерен доломита-магнезита, вермикулита, сцементированных оксидом магния (рис. 2).

Белые шарики представляют собой высокомагнезиальную горную породу типа талькового сланца (рис. 3). Шарики коричневого цвета, которых в наборе 10%, являются искусственно полученными цеолитами, состоящими из Ca, K и Mg (рис. 4). Оранжевые шарики изготовлены из трепела-радиолярита, скатанного обваливанием (рис. 5).

В России качество питьевой воды контролируется санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами [12, 13]. Кислотно-щелочной баланс (pH) питьевой воды по [12] регламентиру-

ется в пределах 6,5–8,5. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) не регламентируется. Однако в работах по изучению биологически активной воды [14, 15] указывается, что полезная для здоровья человека вода должна иметь слабо отрицательный заряд, т.е. обладать способностью отдавать электроны (являться восстановителем). Используемая для исследований водопроводная вода, отобранная из-под крана производственного предприятия на юге Москвы, имеет pH 7,02 и ОВП 124 мВ, что соответствует нормируемому показателю. Цеолит пищевой и глауконит, как видно из графиков на рис. 6, немного подщелачивали воду (до 7,3) и поднимали ОВП, который через полчаса со 124 мВ увеличился до 195 мВ. Фильтр для чайника продемонстрировал близкие

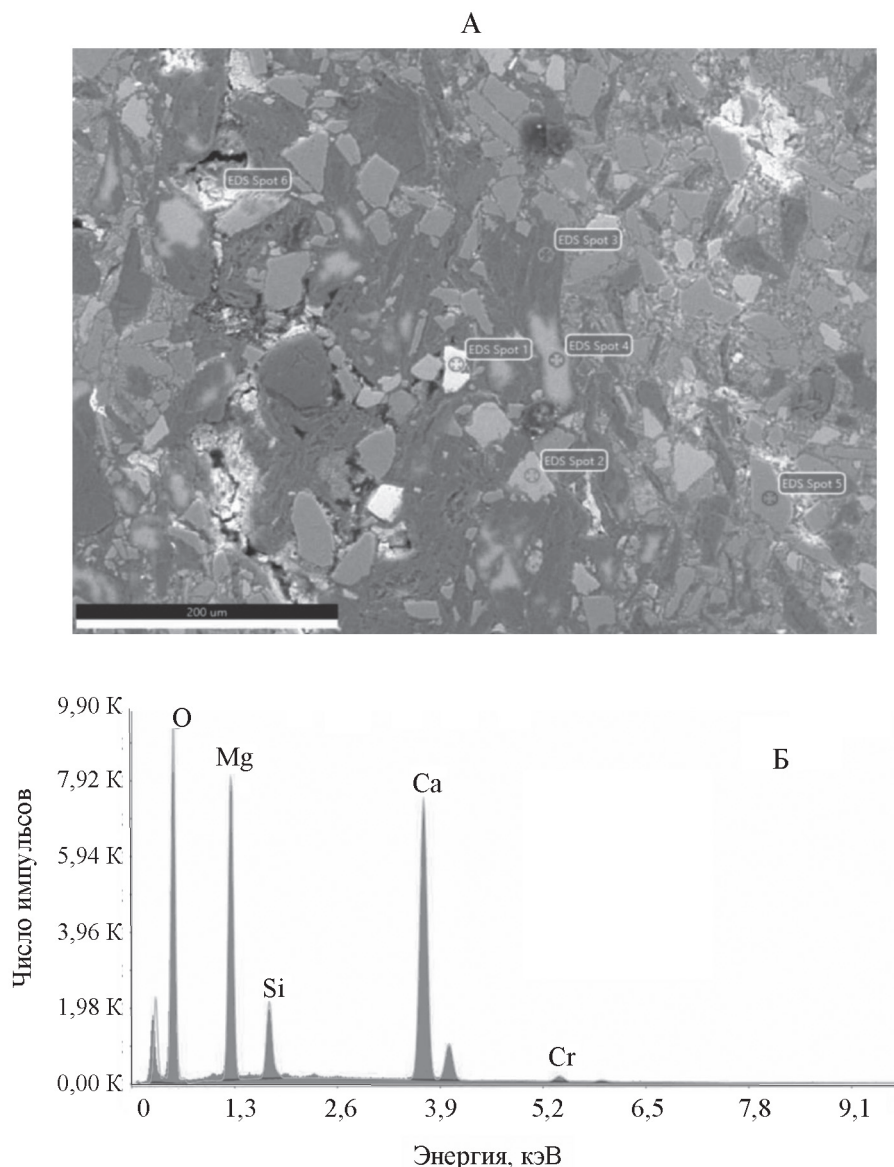


Рис. 3. А – срез шарика белого цвета (изображение обратно-рассеянных электронов (BSE));
Б – спектр состава в точке 1

А

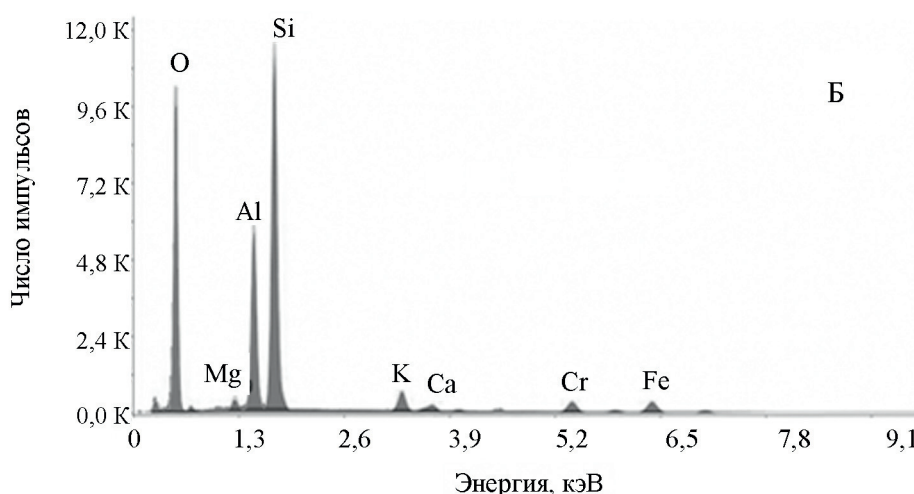
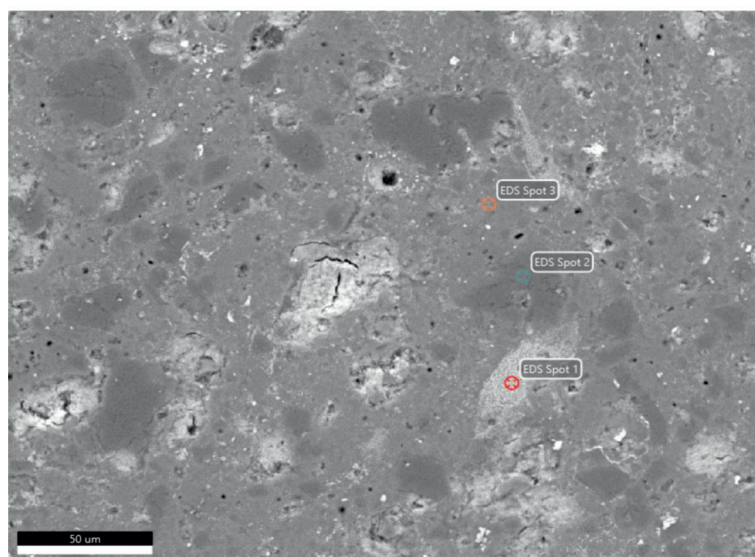


Рис. 4. А – срез шарика коричневого цвета (изображение обратно-рассеянных электронов (BSE)); Б – спектр состава в точке 3

показатели: рН 7,31, ОВП 93,2 мВ после первого кипячения, рН 7,17, ОВП 118,9 мВ после второго кипячения.

Минеральные шарики, казалось бы, оказывали нужное действие – понижали окислительно-восстановительный потенциал, однако, как видно из тех же графиков, значения показателей рН и ОВП выходили далеко за пределы нормы.

Таким образом, применение природных сорбентов не обеспечило получение нужного значения главного показателя – отрицательного заряда окислительно-восстановительного потенциала, который свидетельствует о том, что вода «живая», а минеральные шарики производят чрезмерный эффект, не полезный для здоровья.

По химическому составу качество водопроводной воды в Москве очень высокое и в основном соответствует качеству бутилированной воды, за исключением небольшого превышения содержания железа, марганца и никеля, связанного, видимо, с качеством водопроводных труб в месте отбора. При контакте с исследуемыми природными сорбентами происходит обогащение воды элементами, входящими в состав минералов (кремнием, алюминием, калием, натрием), уменьшается количество элементов-примесей (кобальта, хрома, никеля, стронция) (табл. 2). Все это не оказывает существенного влияния на химический состав водопроводной воды, который находился в пределах нормы по СанПиНу, за исключением алюминия. Снижение содержания

А

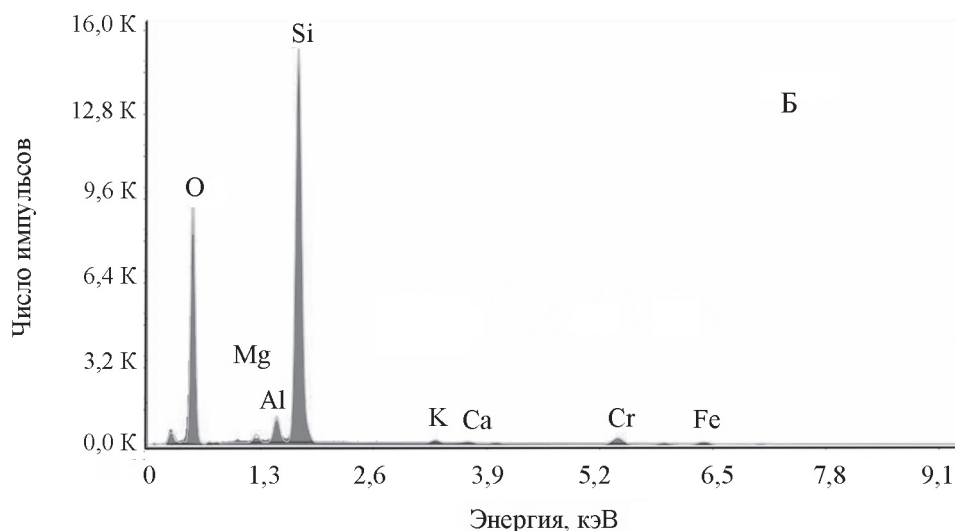
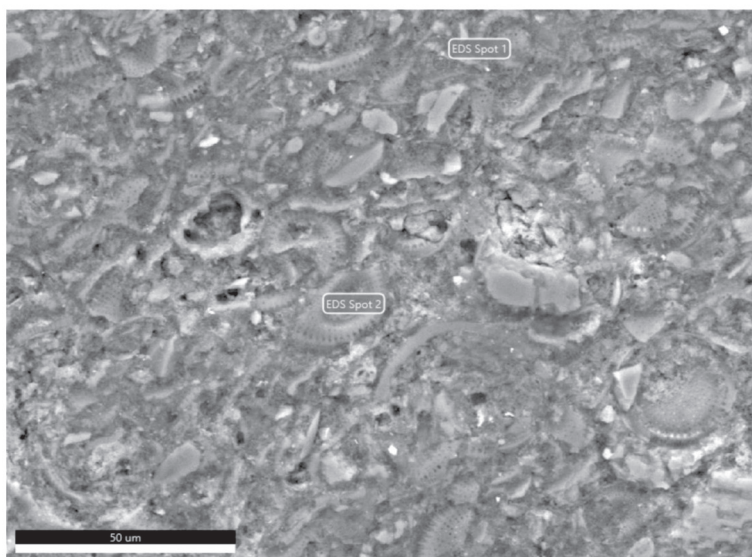


Рис. 5. А – срез шарика оранжевого цвета (изображение обратно-рассеянных электронов (BSE)); Б – спектр состава в точке 2

элементов-примесей в воде во время опытов с цеолитами и глауконитом свидетельствует о том, что при очистке сорбентами воды, загрязненной радионуклидами, тяжелыми металлами, органическими веществами и т.п., происходило бы заметное улучшение ее качества, но для чистой воды положительное действие сорбентов не имеет значения.

Минеральные шарики, имеющие специально подобранный вещественный состав, обогащают воду магнием и калием. Содержание магния остается в пределах нормы, а содержание калия превышает норму в 10 раз (табл. 2).

Выводы

1. Цеолиты и глауконит являются известными и давно используемыми сорбентами для

очистки вод, ликвидации загрязнений, обусловленных присутствием тяжелых металлов, токсичных веществ, радионуклидов, органических веществ. Но на качество чистой воды по тем показателям, которые изучали в данной работе, эти сорбенты влияния не оказывают. Поэтому улучшать свойства питьевой воды с помощью фильтров или БАДов на основе цеолита и глауконита нецелесообразно.

2. Минеральные шарики представляют собой смесь веществ с различными свойствами и действием, в совокупности приводящими к запланированному эффекту ощелачивания воды и снижения ОВП, однако их применение производит чрезмерный эффект, вредный для здоровья.

Т а б л и ц а 2
Изменения химического состава водопроводной воды после контакта с сорбентами, мг/дм³

Элементы	Водопроводная вода (исходная)	Вода после контакта с								Нормативы качества по Сан Пин 2.1.4.1116-02, не более	
		цеолитом (фильтр)		цеолитом пищевым		глауконитом		минеральными шариками			
		2-е кипя- чение	3-е кипя- чение	через 30 мин	через 22 ч	через 30 мин.	через 22 ч	через 30 мин	через 22 ч	первая категория	высшая категория
Si	3,0	8,1	3,9	4,4	13,9	3,8	5,7	3,0	13,9	10	10
Al	0,069	0,022	0,12	0,29	2,0	0,043	0,45	0,032	0,044	0,2	0,2
Fe	0,31	0,36	0,32	0,15	0,70	0,050	0,60	0,11	0,12	0,3	0,3
Mg	11,2	5,5	7,8	6,8	3,6	8,1	7,8	27,6	44,8	65	5-50
Mn	0,053	0,017	<0,01	0,048	0,054	0,016	0,010	<0,01	<0,01	0,05	0,05
Ca	49,4	22,5	33,5	23,7	12,4	63,8	67,6	12,1	12,2	130	25-80
K	3,6	11,4	7,2	2,7	3,80	6,1	6,2	69,6	251,0	20	2-20
Na	9,9	45,2	32,1	54,3	77,2	9,8	9,4	10,9	14,0	200	20
P	1,1	7,3	2,4	11,8	5,7	12,2	2,7	2,1	3,9	не релг.	не релг.
S	20,7	23,9	20,2	19,4	19,1	18,6	18,5	21,0	27,4	не релг.	не релг.
Ti	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,019	<0,01	<0,01	не релг.	не релг.
Zr	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	не релг.	не релг.
B	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015	<0,01	0,020	не релг.	не релг.
Co	0,034	0,053	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	0,5	0,3
Cr	0,070	0,11	0,041	0,024	0,012	0,017	<0,01	0,015	<0,01	0,1	0,1
Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	не релг.	не релг.
Mo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	1
Ni	0,20	0,33	0,11	0,052	0,014	0,028	<0,01	0,028	<0,01	0,07	0,07
Pb	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02
Se	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,005
Sr	0,13	0,060	0,085	0,074	0,027	0,28	0,29	0,066	0,047	0,01	0,01
Zn	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,047	7	7
Нитрат-ион	5,56	6,17	7,06	<0,1	<0,1	7,01	6,54	6,67	<0,01	3	3
Сульфат-ион	36,2	38,3	43,7	21,3	3,25	51,4	38,5	45,4	11,4	20	5
Хлорид-ион	24,0	26,6	25,4	18,7	<0,1	20,3	23,6	22,1	101,0	250	150
									53,2	150	150

П р и м е ч а н и е. Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие норму.

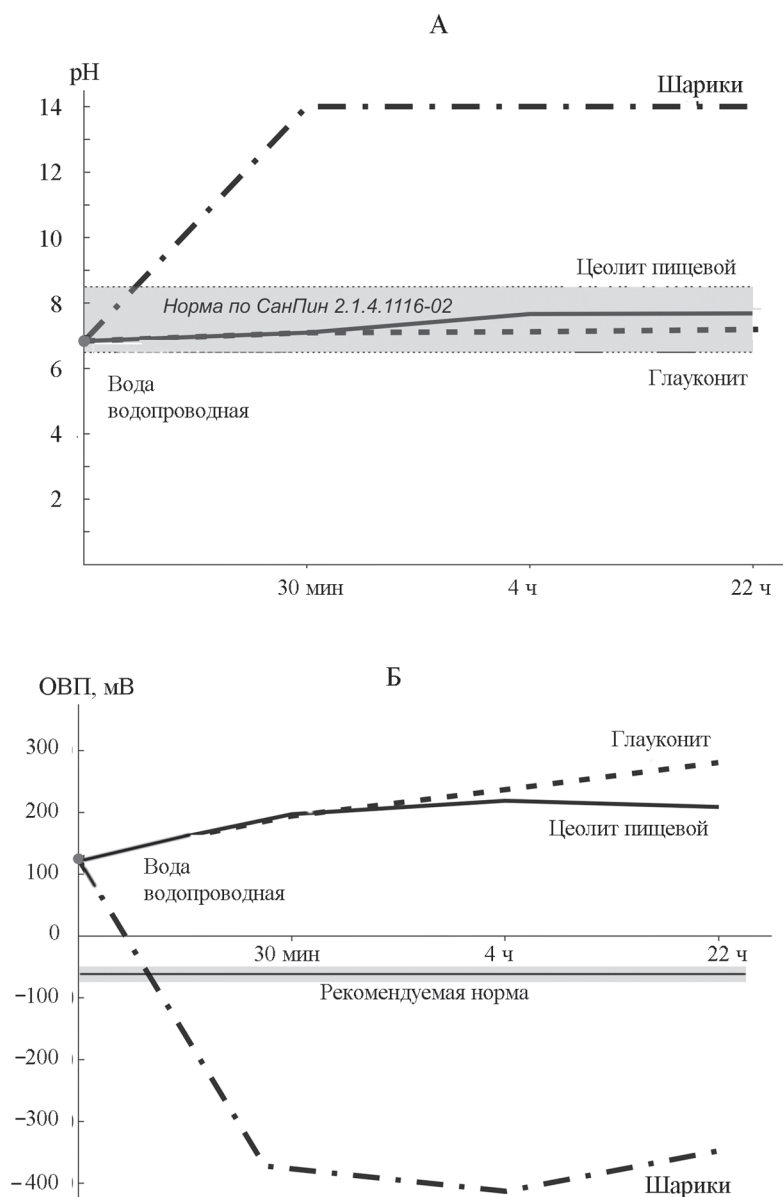


Рис. 6. Изменение кислотно-щелочного баланса (А) и окислительно-восстановительного потенциала (Б) водопроводной воды после контакта с сорбентами

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наседкин В.В., Наседкина В.Х. Генетические и морфологические типы клиноптилолит-мordenитовой минерализации вулканических областей / Природные цеолиты. М., 1980.
2. Алексеева Н.В. Цеолиты Холинского месторождения. Иркутск, 1980.
3. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М., 1976.
4. Дистанов У.Г. Глаукониты / Природные сорбенты СССР. М., 1990. С. 132–146.
5. Канцельсон Ю.Я., Алексоньян О.М. Глауконит-содержащие микроконкреции как поглотители радионуклидов / Минералогия и геохимия глауконита. Новосибирск, 1981. С. 80.
6. Бетехтин А.Г. Минералогия. М., 1950. 956 с.
7. Андронов С.А., Быков В.И. // Материалы первой Международной конференции: Значение промышленных минералов в мировой экономике: месторождения, технология, экономическая оценка. М., 2006. С. 79.
8. URL: <https://catalogmineralov.ru/mineral/glaucnite.html>
9. Бондарев А.В., Жиликова Е.Т., Демина Н.Б., Размахнин К.К. // Разработка и регистрация лекарственных средств. Т. 10. № 4. 2021.
10. Вениг С.Б., Чернова Р.К., Сержантов В.Г., Селифонов А.А., Шаповал О.Г., Нечаева О.В., Сплюхин В.П., Селифонов Е.И., Наумова Г.Н., Щебако-

- ва Н.Н. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. Т. 59. 2018. № 3. С. 223.
11. Хоникевич А.А. Очистка радиоактивно-загрязненных вод лабораторий исследовательских ядерных реакторов. М., 1974.
12. СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». 2002.
13. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021.
14. Шелоболин А. Как превратить воду в ВОДУ. Кн. 1. Чистая вода из грязных источников., 2013. 194 с.
15. Ашбах Д.С. Живая и мертвая вода – новейшее лекарство современности. СПб., 2008. 103 с.

Информация об авторах

Елена Павловна Бугриева – вед. науч. сотр. химико-аналитической лаборатории АО «ВНИПИпромтехнологии» (Bugrieva.E.P@vnipipt.ru);

Раиса Сергеевна Щипанова – вед. инженер научно-исследовательской лаборатории гидрометаллургических технологий АО «ВНИПИпромтехнологии» (Schipanova.R.S@vnipipt.ru);

Надежда Александровна Царенко – вед. науч. сотр. химико-аналитической лаборатории АО «ВНИПИпромтехнологии», канд. хим. наук (Tsarenko.N.A@vnipipt.ru);

Наталия Викторовна Огневская – начальник химико-аналитической лаборатории АО «ВНИПИпромтехнологии» (Ognevskaya.N.V@vnipipt.ru);

Иван Сергеевич Постников – вед. инженер химико-аналитической лаборатории АО «ВНИПИпромтехнологии» (Postnikov.I.S@vnipipt.ru).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют исследования человека и животных.

Статья поступила в редакцию 18.07.2024;
одобрена после рецензирования 24.09.2024;
принята к публикации 25.11.2024.