

Синицына О.О.¹, Турбинский В.В.¹, Тульская Е.А.¹, Беляева Н.И.^{1,2}, Пивнева О.С.¹

К вопросу обоснования предельно допустимой концентрации бензойной кислоты и её производных в воде

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, г. Мытищи, Российская Федерация;²ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. Апробация новых методических подходов к системе гигиенического нормирования химических веществ в воде на примере обоснования групповой ПДК бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта).

Цель исследования – обоснование групповой предельно допустимой концентрации (ПДК) бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта) в воде с учётом современных данных об их токсичности и новых методических подходов к существующей системе гигиенического нормирования химических веществ в воде.

Материал и методы. Материалом для исследования служили российские и зарубежные нормативные и методические документы, отечественные и зарубежные научные публикации, содержащие информацию о физико-химических свойствах, способности к биотрансформации и биоаккумуляции, влиянии на лабораторных животных и человека бензойной кислоты и её производных. Поиск исследований проводили с использованием баз данных научной литературы MedLine/PubMed/PubChem, Scopus, eLIBRARY.RU, базы данных WATERTOX (РАМН. НТЦ: 02296014904). Методы исследований включали поиск и сортировку информации, установление общих и отличных признаков токсичности веществ, сравнительный анализ и экспертуру оценку.

Результаты. Пороговая концентрация бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) по влиянию на органолептические свойства воды (ПК_{опр.}) – 6,0 мг/л (по бензойной кислоте). Пороговая концентрация по влиянию на процессы самоочищения водных объектов (ПК_{сан.}) для обоснования единой (групповой) ПДК бензойной кислоты и её производных – 0,1 мг/л (по бензойной кислоте). Обоснована величина (расчётная) максимальной недействующей концентрации бензойной кислоты и её производных по санитарно-токсикологическому показателю вредности – 20 мг/л (по бензойной кислоте).

Ограничения исследования. Ограниченные данные о параметрах токсикометрии бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) в источниках литературы.

Заключение. Ввести групповой норматив на бензойную кислоту и её производные (бензоат натрия, бензоат калия, бензиловый спирт): 1) для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,1 мг/л (по бензойной кислоте), 3-й класс опасности, лимитирующий показатель вредности – общесанитарный; 2) для воды питьевой систем централизованного, в том числе горячего, и нецентрализованного водоснабжения – 6 мг/л (по бензойной кислоте), 3-й класс опасности, лимитирующий показатель вредности – органолептический. Исходя из принципа «единство норматива и метода его контроля», для обеспечения групповой ПДК бензойной кислоты и её производных использовать методику определения бензойной кислоты в воде.

Ключевые слова: бензойная кислота; производные бензойной кислоты; бензоат натрия; бензоат калия; бензиловый спирт; вид водопользования; предельно допустимая концентрация в воде

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Синицына О.О., Турбинский В.В., Тульская Е.А., Беляева Н.И., Пивнева О.С. К вопросу обоснования предельно допустимой концентрации бензойной кислоты и её производных в воде. Токсикологический вестник. 2025; 33(4): 237–248. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-4-237-248> <https://elibrary.ru/arflbt>

Для корреспонденции: Тульская Елена Анатольевна, e-mail: tulskaya.ea@fncg.ru

Участие авторов: Синицына О.О. – концепция и дизайн исследования, обобщение данных, написание и редактирование текста; Турбинский В.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Тульская Е.А., Беляева Н.И. – сбор и обработка материала; Пивнева О.С. – проведение экспериментов. Все соавторы – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Oksana O. Sinitsyna¹, Viktor V. Turbinskii¹, Elena A. Tulskaya¹, Nadezhda I. Belyaeva^{1,2}, Olga S. Pivneva¹

On the issue of substantiating the maximum permissible concentration (MPC) of benzoic acid and its derivatives in water

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 141014, Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation;

²Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, 119121, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Testing of new methodological approaches to the system of hygienic regulation of chemicals in water using the example of substantiating the group maximum permissible concentration (MPC) of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate and benzyl alcohol).

The purpose of the study is to substantiate the group MPC of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate and benzyl alcohol) in water, taking into account current data on their toxicity and new methodological approaches to the existing system of hygienic regulation of chemicals in water.

Material and methods. The research material was Russian and foreign regulatory and methodological documents, domestic and foreign scientific publications containing information on the physicochemical properties, biotransformation and bioaccumulation abilities, and the effects of benzoic acid and its derivatives on laboratory animals and humans. The research was searched using the databases of scientific literature MedLine/PubMed/PubChem, Scopus, eLIBRARY.RU, WATERTOX databases (RAMS. STC: 02296014904). Research methods included searching and sorting information, identifying common and distinct signs of substance toxicity, comparative analysis, and expert evaluation.

Results. The threshold concentration of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol) for the effect on the organoleptic properties of water (TC_{org.}) is 6.0 mg/L (for benzoic acid). The threshold concentration by influence on the processes of self-purification of water bodies (TC_{san.}) to justify the group MPC of benzoic acid and its derivatives is 0.1 mg/L (for benzoic acid). The value (calculated) of the maximum no-effect concentration of benzoic acid and its derivatives according to the sanitary-toxicological indicator of harmfulness is 20 mg/L (for benzoic acid).

Limitations. There is limited data in the literature on the parameters of toxicometry of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol).

Conclusion. To introduce a group standard for benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol): 1) for water bodies of domestic and drinking water, cultural and household water use 0.1 mg/L (for benzoic acid), hazard class 3, limiting harm index – general sanitary; 2) for centralized water supply systems, including hot water supply, and non-centralized water supply 6 mg/L (for benzoic acid), hazard class 3, limiting harm index – organoleptic. Based on the principle of “unity of the standard and the method of its control”, to ensure the group PAC of benzoic acid and its derivatives, use the method of determining benzoic acid in water.

Keywords: benzoic acid; benzoic acid derivatives; sodium benzoate; potassium benzoate; benzyl alcohol; types of water supply; maximum allowable concentration in water

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a conclusion from the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Sinitsyna O.O., Turbinskii V.V., Tulskaya E.A., Belyaeva N.I., Pivneva O.S. On the issue of substantiating the maximum allowable concentration (MAC) of benzoic acid and its derivatives in water. *Toksikologicheskiy vestnik / Toxicological review*. 2025; 33(4): 237–248. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-4-237-248> <https://elibrary.ru/arflbt>

For correspondence: Elena A. Tulskaya, e-mail: tulskaya.ea@fncg.ru

Authors' contribution: Sinitsyna O.O. – conception and design of the study, generalization of data, writing and text editing; Turbinskii V.V. – concept and design of the study, text editing; Tulskaya E.A., Belyaeva N.I. – collection and processing of material; Pivneva O.S. – conducting experiments. *All authors* – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Funding. The research was not financially supported.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: February 13, 2025 / Revised: May 13, 2025 / Accepted: July 14, 2025 / Published: August 29, 2025

Введение

Методология гигиенического нормирования химических веществ в воде, не потерявшая своего теоретического и научно-практического значения в санитарной охране водоёмов и в настоящее время, создана в 50–60-е гг. XX века под руководством С.Н. Черкинского [1]. В дальнейшем в 1970–1980-е гг. были сформулированы основные принципы гигиенического нормирования, в соответствии с одним из которых – «принцип относительности ПДК» – величина норматива может быть пересмотрена по мере получения новых научных данных. В связи с этим регулярно проводятся работы по актуализации санитарных норм и правил, гигиенических нормативов в сфере водоснабжения и водоотведения.

Ранее в работах З.И. Жолдаковой и соавт. [2], О.О. Синицыной и соавт. [3, 4], Р.А. Мамонова и соавт. [5] обоснована необходимость корректировки существующей системы гигиенического нормирования химических веществ в воде, а также необходимость создания общих ПДК для групп веществ с учётом форм их присутствия в воде и совпадения механизма токсического действия с соблюдением «принципа единства норматива и метода контроля». Одним из этапов совершенствования методических подходов к обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в воде являлось обоснование введения дифференцированных нормативов для разных видов водопользования в зависимости от возможного влияния на здоровье человека или на условия водопользования [4].

Эти методические подходы апробированы нами при обосновании групповой предельно допустимой концентрации (ПДК) бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта, далее – БК и её производных) в воде с учётом современных данных об их токсичности, что и определило цель настоящего исследования.

Материал и методы

Материалами исследования послужили российские и зарубежные нормативные и методические документы, научные публикации, содержащие информацию о физико-химических свойствах, способности к биотрансформации и биоаккумуляции, влиянии БК и её производных на организм лабораторных животных и человека.

Поиск исследований проводили с использованием баз данных научной литературы MedLine/PubMed/PubChem, Scopus, eLIBRARY.RU, базы данных WATERTOX, содержащей токсиколо-

гическую информацию архива Секции гигиены воды и санитарной охраны водоёмов Проблемной комиссии РАМН «Экология человека и гигиена окружающей среды».

Результаты

Структура и физико-химические свойства БК и её производных представлены в табл. 1.

В «Профиле первоначальной оценки SIDS» [6] приведены обобщённые данные о физико-химических свойствах БК и её производных, об их поведении в окружающей среде, а также о приоритетных источниках поступления в организм.

На основании таких физико-химических свойств, как растворимость в воде, давление паров при 20°C, логарифмический коэффициент разделения октанола и воды, коэффициент Генри, рKa, провели моделирование распределения бензоатов между воздухом, водой и почвой, сделали заключение, что источниками поступления этих химических веществ в организм могут быть почва и вода. Однако физико-химические свойства и схемы использования указывают на то, что вода является основным источником экспозиции рассматриваемых веществ. Ни одно из них не обладает способностью к биоаккумуляции, но все они поддаются биологическому разложению.

БК является природным соединением, содержащимся в клюкве, чернике, бруснике, малине, коре вишнёвого дерева. БК и её производные обладают биоцидным действием широкого спектра, поэтому на протяжении многих лет используется в пищевой промышленности как природный консервант (E210) при изготовлении пищевых продуктов, напитков¹. Бензоат натрия, известный как бензоат соды, также широко применяется в качестве пищевого консерванта (с кодом E211) и маринада – в этих условиях он превращается в бензойную кислоту (E210), которая обладает бактериостатическим и фунгистатическим действием². Бензоат калия применяют в пищевой промышленности (пищевая добавка E212) в качестве консерванта, противомикробного средства, а также как аналитический реагент и как фармацевтический консервант³. Бензиловый спирт содержится в эфирных маслах жасмина, гвоздики, иланг-иланга, гиацинта, перуанском бальзаме. Он предотвращает или замедляет рост бактерий

¹ Бензойная кислота. Доступно: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/benzoynaya-kislota/>

² Sodium Benzoate. Доступно: <https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/532-32-1>.

³ Бензоат калия. Паспорта безопасности в соответствии с 8-й редакцией СГС ООН (MSDS). https://www.echemi.com/sds/potassiumbenzoate-pid_Seven43994.html

Таблица 1 / Table 1

Физико-химические свойства бензойной кислоты, бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта

Physico-chemical properties of benzoic acid, sodium benzoate, potassium benzoate and benzyl alcohol

Показатель Index	Вещество / Substance			
	Бензойная кислота Benzoic acid	Бензоат натрия (бензойной кислоты натриевая соль) Sodium benzoate (benzoic acid sodium salt)	Бензоат калия (бензойной кислоты калиевая соль, бензойнокислый калий) Potassium benzoate (benzoic acid potassium salt, potassium benzoate)	Бензилкарбинол (бензиловый спирт, бензолметанол, фенилметанол, фенилкарбинол) Benzyl Carbinol (benzyl alcohol, benzene methanol, phenyl methanol, phenyl carbinol)
№ CAS	65-85-0	532-32-1	582-25-2	100-51-6
Молекулярная формула Molecular formula	C ₇ H ₆ O ₂	C ₆ H ₅ COONa	C ₇ H ₅ KO ₂	C ₇ H ₈ O
Структурная формула Structural formula				
Физико-химические свойства: Physico-chemical properties:				
молярная масса (M), г/моль molar mass (M), g/mol	122,12	144,1	160,21	122,167
температура плавления, °C melting point, °C	121–123	436	> 300	15
температура кипения, °C boiling point, °C	249	> 450 – < 475	249,3	204,7
растворимость в воде, г/л solubility in water, g/L	2,9 (20 °C)	628,7 (30 °C)	492 (20 °C)	35 (20 °C)
pH	Около 4 (раствор в воде) about 4 (solution in water)	8 (водный раствор слабощелочнной slightly alkaline aqueous solution)	7,0 ~ 9,0	–
относительная плотность, г/см ³ relative density, g/cm ³	1,32	1,5	1,5	1,043–1,049
LogP	1,87	-2,27	0,0501	
давление паров, мм рт. ст. vapour pressure, mmHg	7 · 10 ⁻⁴	2,9 · 10 ⁻¹²	0 (при at 25 °C)	0,094 (при at 25 °C)
Константа закона Генри (H), атм·м ³ /моль при 25 °C Henry's law constant (H), atm·m ³ /mol at 25 °C	–	–	–	3,37 · 10,7

Таблица 2 / Table 2

Гигиенические нормативы бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) в воде водных объектов в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21*
Hygienic standards of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol) in the water of water bodies in accordance with SanPin 1.2.3685-21*

Вещество Substance	№ CAS	Предельно допустимая концентрация, мг/л Maximum permissible concentration, mg/L	Лимитирующий показатель вредности The limiting indicator of harmfulness	Класс опасности Hazard class
Бензойная кислота / Benzoic acid	65-85-0	0,6	Общий / Total	4
Бензоат натрия (бензойной кислоты натриевая соль) Sodium benzoate (benzoic acid sodium salt)	532-32-1	0,1**	Общий / Total	3
Бензоат калия (бензойной кислоты калиевая соль, бензойнокислый калий) Potassium benzoate (benzoic acid potassium salt, potassium benzoate)	582-25-2	7,5	Органолептический привкус Organoleptic taste	3
Бензилкарбинол (бензиловый спирт, бензолметанол, фенилметанол, фенилкарбинол) Benzyl Carbinol (benzyl alcohol, benzene methanol, phenyl methanol, phenyl carbinol)	100-51-6	0,4	Общий / Total	3

Примечание. * СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». ** Ориентировочно допустимый уровень (ОДУ).

Note. * SanPin 1.2.3685-21 "Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Human Habitat Factors". ** Estimated permissible level (EPL).

и таким образом защищает косметику и средства личной гигиены от порчи⁴.

БК и её производные — бензоат натрия и бензоат калия, а также бензиловый спирт — нормированы в питьевой воде систем централизованного, в том числе горячего, и нецентрализованного водоснабжения, воде подземных и поверхностных водных объектов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, воде плавательных бассейнов, аквапарков (табл. 2).

В то же время, только ПДК БК (0,6 мг/л) обеспечена методикой определения в воде с требуемой чувствительностью — нижний предел измерения 0,05 мг/л. Она изложена во «Временных методических указаниях по определению действующего вещества препарата А-1 методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) в воде, почве и растительном материале» № 3073-84 от 31.07.1984 г.⁵, до настоящего времени имеющих статус «действующий». Для других бензоатов специфичные методы определения не утверждены.

⁴ Бензиловый спирт. Доступно: leko-style.com/files/Benzilovyj_spirt.pdf.

⁵ № 3073-84 от 31.07.1984 г. Временные методические указания по определению действующего вещества препарата А-1 методом ГЖХ в воде, почве и растительном материале. https://standartgost.ru/g/BMУ_3073-84

Исследования по обоснованию гигиенического норматива БК в воде водных объектов, на основании которых установлена ПДК на уровне 0,6 мг/л по общесанитарному лимитирующему показателю вредности, 4-й класс опасности (см. табл. 2), были проведены в нашей стране в 1960-х гг. Вместе с тем отечественные научные материалы по обоснованию ПДК БК, а также научные публикации, содержащие данные о хроническом воздействии на организм, использовавшиеся для обоснования норматива, в свободном доступе отсутствуют.

Материалы по обоснованию гигиенических нормативов натриевой и калиевой солей БК ограничены по информативности о хроническом действии. Максимальная недействующая доза (МНД) бензилового спирта определена экстраполяцией на нулевое значение показателя тяжести поражения [7].

Приблизительно в это же время, в 1962 г., Объединённый комитет экспертов ВОЗ по пищевым добавкам (JECFA) впервые представил допустимую суточную дозу (ADI) для БК и бензоата натрия — 5 мг/кг массы тела.

В окружающей среде БК деградирует с выделением CO₂, при этом скорость её деградации зависит от объекта окружающей среды, условий и концентрации вещества [8]. Согласно результа-

там экспериментов, скорость биологического разложения БК составляет более 60% примерно через шесть дней [9], что позволяет отнести БК ко 2-му классу по стабильности⁶.

БК быстро всасывается через органы желудочно-кишечного тракта, метаболизируется в печени, экстрагируется с мочой. Основной метаболит – N-бензоилглицин. Одним из факторов, влияющим на биотрансформацию БК, является аскорбиновая кислота и ионы металлов. Аскорбиновая кислота – натуральный компонент многих продуктов и часто добавляется в пищевые продукты и напитки как витаминная добавка и для обеспечения стабильности и всё чаще используется как антиоксидант. В связи с этим одновременный приём продуктов, содержащих аскорбиновую и бензойную кислоты, а также соли меди и/или железа, может приводить к образованию токсичного и канцерогенного свободного бензола [10].

В обзорной работе [11] сообщается, что бензоат натрия также может вступать в реакцию с аскорбиновой кислотой, содержащейся в напитках, с образованием канцерогенного бензола. Относительно бензоата калия и бензилового спирта известно, что они быстро метаболизируются до БК, которая вступает в реакцию с глицином и выводится с мочой из организма человека в виде гиппуровой кислоты [6].

Согласно отчёту о первоначальной оценке бензойной кислоты и её производных, подготовленного ОЭСР, они обладают низкой острой токсичностью при приёме внутрь. Значения LD₅₀ составляли более 2000 мг/кг массы тела, за исключением бензилового спирта (LD₅₀ = 1610 мг/кг (крысы)), который считается вредным при пероральном введении [12].

Наиболее информативной работой, содержащей обзор публикаций по исследованиям субхронического и хронического действия БК и их анализ, является работа В.В. Кирсенко и Т.А. Яструб [13]. Однако недостатком большинства печатных работ является то, что в результатах исследований не приведены какие-либо данные об изменении гематологических и биохимических показателей, а также гистологических исследований, что не даёт возможности адекватно оценить обще-токсический эффект от введения БК.

Тем не менее, ОЭСР установлена МНД при повторном пероральном воздействии БК на уровне 800 мг/кг, а для её солей – 1000 мг/кг [6]. При более высоких дозах наблюдали повышенную гибель животных, снижение прибавки в весе,

⁶ МУ 2.1.5.720–98 «Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

повреждения печени и почек. Сделан вывод, что БК проявляет низкую токсичность при повторяющемся ежедневном введении.

Современные данные результатов опытов на животных показали, что бензоат натрия значительно ухудшает память и координацию движений. Кроме того, обнаружено значительное увеличение уровня малонового диальдегида (МДА) в головном мозге ($p < 0,001$). Однако активность ацетилхолинэстэразы изменилась незначительно. Эффекты наблюдали при введении доз 130–560 мг/кг, что равно или меньше дозы 500 мг/кг (NOAEL), ранее считавшейся безопасными [14, 15].

В базе National Library of Medicine (PubChem) приводятся следующие данные о токсических свойствах бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта.

Не выявлено различий во влиянии бензоата натрия на выживаемость обработанных мышей по сравнению с необработанным контролем. Не наблюдали существенных различий между распределением опухоли у мышей, получавших бензоат натрия (приблизительно 5,95–6,2 г/кг массы тела в сутки), и у контрольных мышей, не получавших его⁷ [16].

Бензоат калия относят к нефротоксинам – химическое вещество, потенциально токсичное для почек в профессиональных условиях⁸.

В токсикологических экспериментах с различной продолжительностью (16 дней, 13 нед или 2 года) на крысах и мышах с пероральным введением различных доз бензилового спирта (1000 и 2000 мг/кг; 0, 50, 100, 200, 400 и 800 мг/кг) получено, что только высокая доза вызывала клинические признаки, указывающие на нейротоксичность, включая шатание, затруднённое дыхание и вялость, также наблюдались кровоизлияния вокруг рта и носа и гистологические поражения головного мозга, тимуса, скелетных мышц и почек. Снижение прибавки в весе отмечено у самцов при введении дозы 800 мг/кг и у самок – при поступлении 200 мг/кг или более⁹ [16].

Исследования отдалённых эффектов БК и её производных продемонстрировали, что бензоат натрия оказывает тератогенное и нейротоксическое действие на эмбрионы рыбок данио-ерио. Кроме того, сообщается, что он вызывает хромосомные aberrации в культивируемых лимфоцитах человека, а также обладает мощным мутагенным действием на митохондриальную ДНК

⁷ Бензоат натрия. Банк данных об опасных веществах (HSDB). URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/696>

⁸ <https://haz-map.com/Agents/9505>

⁹ Бензиловый спирт. Банк данных об опасных веществах (HSDB). URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/46>

Таблица 3 / Table 3

Систематизация данных литературы о взаимодействии бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) с водной средой и организмом
Systematization of literature data on the interaction of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol) with the aquatic environment and the body

Область исследований, результаты которых проанализированы для обоснования гигиенического норматива The field of research, the results of which are analyzed to substantiate the hygienic standard	Рассмотренные эффекты, механизмы и проявления Considered effects, mechanisms and manifestations	Источник литературы Sources of literature
Физико-химические свойства и область применения бензойной кислоты и её производных Physico-chemical properties and applications of benzoic acid and its derivatives	Бактерицидные свойства (применение: консервант и антисептик, аналитический реагент и как фармацевтический консервант) Bactericidal properties (application: preservative and antiseptic, analytical reagent and as pharmaceutical preservative)	См. сноски 2–4 See footnotes 2–4
Биоразлагаемость и пути поступления бензойной кислоты и её производных Biodegradability and routes of entry of benzoic acid and its derivatives	Скорость биологического разложения; трансформация в воде; способность к биоаккумуляции Rate of biological decomposition; transformation in water; Bioaccumulative potential	[8], [9]
Биотрансформация бензойной кислоты и её производных Biotransformation of benzoic acid and its derivatives	Метаболизм в организме; факторы, влияющие на биотрансформацию Metabolism in the body; factors affecting biotransformation	[6], [10], [11]
Острая токсичность бензойной кислоты и её производных Acute toxicity of benzoic acid and its derivatives	Параметры острой токсичности (LD_{50}) Acute toxicity parameters (LD_{50})	[12]
Субхроническая и хроническая токсичность бензойной кислоты и её производных Subchronic and chronic toxicity of benzoic acid and its derivatives	Вводимые дозы, развитие подострой и хронической интоксикации, максимальная недействующая доза (МНД) Administered doses, development of subacute and chronic intoxication, maximum inactive dose (MID)	[6], [13], [14], [15], [16]
Отдалённые эффекты при введении бензойной кислоты и её производных Long-term effects with the introduction of benzoic acid and its derivatives	Отсутствие генотоксических свойств, канцерогенного эффекта. Наличие тератогенного и нейротоксического действия на эмбрионы рыбок данио-рерио, но отсутствие убедительных доказательств действия на человека. Наличие иммуномодулирующего действия. Absence of genotoxic properties, carcinogenic effect. The presence of teratogenic and neurotoxic effects on zebrafish embryos, but the lack of convincing evidence of effects on humans. The presence of an immunomodulatory effect.	[17]

в аэробных дрожжевых клетках. Однако отсутствуют убедительные доказательства — может ли значительное потребление человеком этих соединений так же значительно повысить у него уровень таких повреждений, что является фактором риска развития сахарного диабета 2-го типа [17].

В табл. 3 мы представили систематизированные данные литературы, показывающие результаты исследований о взаимодействии БК и её производных с теплокровным организмом, этих веществ и водной среды в таких аспектах, как: физико-химические свойства; биоразлагаемость и биотрансформация; острая, субхроническая и хроническая токсичность.

Анализ данных из более ранних отчётов международных организаций [18, 19] и современных работ [14, 15, 20], в которых представлены новые данные о механизмах и проявлениях вредного действия БК, её солей и бензилового спирта, свидетельствует о полипатогенетическом проявлении токсического действия БК, что характерно для большинства химических соединений.

В следующей табл. 4 приведены обобщённые результаты наиболее релевантных исследований действия бензоатов на грызунов в экспериментах с повторным ежесуточным пероральным поступлением (кратковременные, подострые и хронические эксперименты) с указанием на наличие или

Таблица 4 / Table 4

**Результаты исследований действия бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта)
на лабораторных животных при пероральном и внутривенном поступлении**

Results of studies of the effect of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol) on laboratory animals with oral and intragastric intake

Вещество Substance	Исследование / Research		Минимальный уровень обнаруженных вредных эффектов, мг/кг Minimum level of detected adverse effects, mg/kg LOAEL	Уровень необнаруженных вредных эффектов, мг/кг Lowest observed adverse effect level, mg/kg NOAEL	Ведущий токсический эффект (наличие/отсутствие) Leading toxic effect (presence/absence)	
	вид животного species	доза, мг/кг dose, mg/kg	срок эксперимента duration of the experiment			
Бензойная кислота Benzoic acid	Крысы / Rats Родительское и F1-поколения Parental and F1 generations	65; 324; 647 250; 500	28 дней / days В течение всей жизни Throughout life	324 250	65 —	Нейротоксичность, замедление роста, снижение относительной массы почек [18] Канцерогенность и эмбриотоксичность не отмечались [13] Влияние на репродуктивную функцию не установлено [6, 13] Neurotoxicity, growth retardation, decrease in relative kidney mass [18] Carcinogenicity and embryotoxicity were not observed [13] The effect on reproductive function has not been established [6, 13]
Родительское, F1- и F2-поколения Parent, F1 and F2 generations	375; 750	18 нед / weeks	> 750	—	—	
Бензоат натрия Sodium Benzoate	Крысы / Rats 700; 1310; 1875; 2975	640; 1320; 2620; 6290 90 дней / days Время беременности Gestation period	1320 1875	640 1310	Нарушение обмена холестерина, нейро-, гепато- и нефротоксичность [18, 21] Тератогенность не обнаружена, канцерогенность не отмечалась [22] Нейротоксичность [14, 15] Cholesterol metabolism disorders, neuro-, hepato-, and nephrotoxicity [18, 21] Teratogenicity has not been detected, carcinogenicity has not been noted [22] Neurotoxicity [14, 15]	
Мышь / Mice	150; 300; 600	4 нед / weeks (110,2–474,5 по БК / benzoic acid)	130–560	—		
Бензоат калия Potassium Benzoate	Крысы / Rats Нет данных No data	6 мес / months	—	2,5 (1,9 по БК / benzoic acid)	Эффекты неизвестны The effects are unknown	
Бензиловый спирт Benzyl alcohol	Крысы / Rats 50, 100, 200, 400, 800	20, 50, 100, 200 13 нед / weeks	— 800 (самцы / males) 200 (самки / females)	20 —	Нейротоксичность, снижение прибавки массы, повышение суммационно-пограничного показателя, уменьшение гистологические поражения головного мозга, тимуса, скелетных мышц и почек Neurotoxicity, decreased weight gain, increase in the summation threshold value, decreased research activity [7] Histological lesions of the brain, thymus, skeletal muscles and kidneys	

отсутствие генотоксичности, эмбриотоксичности, тератогенности, влияния на репродуктивную функцию и нервную систему.

Из табл. 4 видно, что, несмотря на большой объём выполненных исследований, включая длительные эксперименты, не были установлены сходные показатели, характеризующие хроническую токсичность.

Тем не менее, анализ данных литературы показал, что БК и её натриевую и калиевую соли, а также бензиловый спирт, помимо структурной схожести, объединяет общий механизм токсического действия, обусловленный их биотрансформацией до бензоат-иона, который быстро метаболизируется и выводится из организма в течение 24 ч. Поэтому их системные токсические эффекты имеют сходный характер (например, со стороны печени и почек).

Обсуждение

В соответствии с методологией гармонизации гигиенических нормативов веществ в воде [23, 24], современными критериями, рекомендуемыми для использования при обосновании безопасных уровней веществ в воде водных объектов [2, 3, 5, 25], на основании данных литературы и отечественных методических подходов к обоснованию ПДК в воде⁶, уточнена максимальная недействующая концентрация (МНК) БК и её производных по санитарно-токсикологическому показателю вредности.

Во всех токсикологических обзорах международных организаций (FAO/WHO, 1997 [26], OECD, 2001 [6], IPCS/WHO, 2005 [18], EFSA, 2016 [19], JECFA, 2021 [20]), посвящённых БК и её производным как пищевым добавкам (консерванты, ароматизаторы), предложено установить единую величину их ADI на уровне 5 мг/кг (по БК). При этом авторы исследований, использованных для её установления, не делают различий между токсическими свойствами БК, бензоатом натрия, бензоатом калия и бензиловым спиртом для человека, справедливо полагая, что токсичность этих веществ определяет бензоат-ион, образующийся в процессе биотрансформации в организме.

В соответствии с рекомендациями ВОЗ [27], при установлении безопасных концентраций химических веществ в питьевой воде вклад водного пути поступления принимают, как правило, на уровне от 20 до 80% в зависимости от свойства вещества и приоритетных источников воздействия на человека.

БК и её соли (бензоат натрия и бензоат калия), а также бензиловый спирт постоянно присутствуют в пищевых продуктах и многих напитках, что

определяет незначительную долю поступления с питьевой водой. Поэтому допустимо определить долю водного фактора в 20% и обосновать МНД БК и её производных при поступлении с водой на уровне 1,0 мг/кг, а МНК в воде по санитарно-токсикологическому показателю вредности – на уровне 20,0 мг/л с учётом принятых в соответствии с МУ 2.1.5.720–98⁶ факторов экспозиции (масса тела человека – 60 кг, суточное потребление воды – 3 л)».

В базе данных WATERTOX¹⁰, содержащей информацию об отечественных экспериментально установленных уровнях токсичности химических веществ, загрязняющих окружающую среду, МНД бензоата калия указана на уровне 2,5 мг/кг (1,9 мг/кг по БК), что подтверждает обоснованность и надежность МНД БК и её производных – 1 мг/кг, рассчитанной на основе рекомендуемой на международном уровне величины ADI.

Отечественная практика обоснования гигиенических нормативов веществ в воде базируется не только на установлении недействующих концентраций токсического действия на организм лабораторных животных, но и включает определение пороговых концентраций по влиянию веществ на органолептические (эстетические) свойства воды и процессы самоочищения водных объектов.

В табл. 5 приведены гигиенические нормативы БК, бензоата натрия и бензоата калия, а также бензилового спирта в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21¹¹; величины пороговых концентраций по органолептическому (ПК_{опр.}) и общесанитарному (ПК_{сан.}) показателям вредности, полученные из базы данных WATERTOX¹⁰.

Сравнение пороговых концентраций БК и её производных по влиянию на органолептические свойства воды свидетельствует, что наименьшая величина установлена для бензоата калия – 6,0 мг/л (по БК) (см. табл. 5). Эта величина принята в качестве ПК_{опр.} для обоснования групповой ПДК БК и её производных в воде.

Различия между пороговыми концентрациями БК, бензоата натрия и бензилового спирта по общесанитарному показателю вредности (ПК_{сан.}) не превышают 10 раз (0,6, 0,085 и 0,4 мг/л (по БК), соответственно), что находится в пределах межлабораторной ошибки исследований. Исключе-

¹⁰ WATERTOX. Эколого-гигиенические свойства химических веществ, загрязняющих окружающую среду (токсичность и опасность веществ). База данных. РАМН. НТЦ: 02296014904.

¹¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 5 / Table 5

**Гигиенические показатели бензойной кислоты и её производных
(бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) в воде водных объектов**

Hygienic parameters of benzoic acid and its derivatives (sodium benzoate, potassium benzoate, benzyl alcohol) in the water of water bodies

Показатель Index	Вещество / Substance			
	Бензойная кислота Benzoic acid	Бензоат натрия (бензойной кислоты натриевая соль) Sodium benzoate (benzoic acid sodium salt)	Бензоат калия (бензойной кислоты калиевая соль, бензойнокислый калий) Potassium benzoate (benzoic acid potassium salt, potassium benzoate)	Бензилкарбинол (бензиловый спирт, бензолметанол, фенилметанол, фенилкарбинол) Benzyl Carbinol (benzyl alcohol, benzene methanol, phenyl methanol, phenyl carbinol)
№ CAS	65-85-0	532-32-1	582-25-2	100-51-6
Предельно допустимая концентрация, мг/л Maximum permissible concentration (mg/L)	0,6	0,1*	7,5	0,4
Лимитирующий показатель вредности The limiting indicator of harmfulness	Общий Total	Общий Total	Органолептический привкус Organoleptic taste	Общий Total
Класс опасности Hazard class	4	3	3	3
Пороговые концентрации по показателям вредности [29]: Threshold concentrations for harmfulness indicators [29]:				
по органолептическому (ПК _{опр.}), мг/л organoleptic, mg/L	100	> 7,5 (6,5 по БК / benzoic acid)	7,5 (6,0 по БК / benzoic acid)	8,4
по общесанитарному (ПК _{сан.}), мг/л according to the general sanitary, mg/L	0,6	0,1 (0,085 по БК / benzoic acid)	50 (40 по БК / benzoic acid)	0,4
Расчётная максимально недействующая (по БК): Estimated maximum inactive (benzoic acid):				
доза, мг/кг dose, mg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0
концентрация, мг/л concentration, mg/L	30	30	30	30

Примечание. * – ориентировочно допустимый уровень воздействия.

Note. * – Approximate acceptable exposure level.

ние составляет ПК_{сан.} бензоата калия – 40,0 мг/л по БК. Тем не менее, с учётом принципа агравации в качестве ПК_{сан.} для обоснования групповой ПДК бензойной кислоты и её производных рекомендуется величина 0,1 мг/л (по БК).

Определение класса опасности БК и её производных провели на основании классификационных критериев, используемых при обосновании ПДК химических веществ в воде⁶. По большинству критериев, в первую очередь характеризующих опасность для здоровья, БК и её производные относятся к 3-му классу опасности (опасные вещества).

Учитывая данные мировой литературы о токсическом действии БК, бензоата натрия, бензоата калия и бензилового спирта на организм человека и лабораторных животных при поступлении с питьевой водой, а также отечественный опыт обоснования и гармонизации гигиенических нормативов предлагается ввести единый (групповой) норматив на бензойную кислоту и её производные (бензоат натрия, бензоат калия, бензиловый спирт).

Ограничения исследования. Ограниченные данные о параметрах токсикометрии бензойной кислоты и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) в источниках литературы.

Заключение

В соответствии с предлагаемым подходом [3, 28] к повышению объективности гигиенической оценки водных объектов различных видов водопользования предложены два вида нормативов БК и её производных в воде, дифференцированных в зависимости от возможности влияния на здоровье человека или условия его водопользования:

- для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования на уровне 0,1 мг/л (по бензойной кислоте), 3-й класс опасности, лимитирующий показатель вредности – общесанитарный;
- для воды питьевой систем централизованного, в том числе горячего, и нецентрализованного

водоснабжения на уровне 6 мг/л (по бензойной кислоте), 3-й класс опасности, лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Исходя из принципа «единство норматива и метода его контроля», для обеспечения единой (групповой) ПДК БК и её производных (бензоата натрия, бензоата калия, бензилового спирта) рекомендуется использовать методику определения БК в воде, которая изложена во «Временных методических указаниях по определению действующего вещества препарата А-1 методом ГЖХ в воде, почве и растительном материале» № 3073-84 от 31.07.1984 г.⁵ и имеет требуемую чувствительность – нижний предел измерения 0,05 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

(6, 8–12, 14–22 см. References)

1. Черкинский С.Н. Гигиеническое нормирование в области санитарной охраны водоемов. В кн.: *XIII Всесоюзный съезд гигиенистов эпидемиологов, микробиологов и инфекционистов*. 1959.
2. Жолдакова З.И., Мамонов Р.А., Печникова И.А. Актуализация критериев и методов, используемых при обосновании безопасных уровней веществ в воде водных объектов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; 8: 60–6. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12826> (дата обращения: 17.07.2024).
3. Синицына О.О., Хамидуллина Х.Х., Турбинский В.В., Трухина Г.М., Башкетова Н.С., Гильденскильд О.А. и др. Гигиеническое нормирование различных видов вод на современном этапе. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1151–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1151-1157> (дата обращения: 17.07.2024).
4. Синицына О.О., Кузнецова О.В., Турбинский В.В., Пушкирева М.В. Гармонизация гигиенического нормирования химических веществ в воде по общесанитарному показателю вредности. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(1): 81–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-1-81-86> (дата обращения: 17.07.2024).
5. Мамонов Р.А., Жолдакова З.И., Синицына О.О., Печникова И.А. Комплекс критериев опасности для совершенствования перечня гигиенических нормативов химических веществ в воде. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1099–102. <https://elibrary.ru/yobwyy>
6. Румянцев Г.И., Новиков С.М., Козеева Е.Е., Фурсова Т.Н., Кочеткова Т.А., Зайцева Е.П. Экспериментальные исследования биологического действия бензилового спирта. *Гигиена и санитария*. 1985; 2: 8–3.
7. Кирсенко В.В., Ястреб Т.А. Обоснование допустимой суточной дозы бензойной кислоты в Украине. *Украинский журнал современных проблем токсикологии*. 2013; (4): 12.
8. Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Быков И.И. Методология гармонизации гигиенических нормативов веществ в воде и ее реализация при совершенствовании водно-санитарного законодательства. *Вестник РАМН*. 2006; 4: 32–6.
9. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. Гармонизация гигиенических нормативов содержания химических веществ в воде. *Методы оценки соответствия*. 2013; 4: 14–8.
10. Синицына О.О., Красовский Г.Н., Жолдакова З.И. Критерии порогового действия химических веществ, загрязняющих различные объекты окружающей среды. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2003; (3): 17–23.
11. Синицына О.О., Турбинский В.В., Пушкирева М.В. Совершенствование методологии гигиенического нормирования химических веществ в воде в зависимости от возможности влияния на здоровье человека и условия водопользования. В кн.: *Попова А.Ю., Кузьмин С.В., ред. Эрисмановские чтения – 2023. Новое в профилактической медицине и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения: Материалы I Всероссийского научного конгресса с международным участием. Мытищи*; 2023: 253–7. <https://elibrary.ru/fsbekd>

REFERENCES

1. Cherkinsky S.N. Hygienic norming in the field of sanitary protection of water bodies. In book: *XIII All-Union Congress of hygienists epidemiologists, microbiologists and infectious disease specialists* [V kn.: XIII Vsesoyuznyj s'ezd gigienistov epidemiologov, mikrobiologov i infekcionistov]. 1959. (in Russian)
2. Zholdakova Z.I., Mamomov R.A., Pechnikova I.A. Actualization of criteria and methods used in substantiating safe levels of substances in the water of water bodies *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovanij* 2019; 8: 60–6. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12826> (date of reference: 17.07.2024). (in Russian)
3. Sinitcina O.O., Hamidulina H.H., Turbinsky V.V., Trukhina G.M., Bashketova N.S., Gildenskiold O.A. et al. Hygienic normalization of different types of water at the present stage. *Gigiena i Sanitariya*. 2022; 101(10): 115–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1151-1157> (in Russian)
4. Sinitcina O.O., Kuznetsova O.V., Turbinsky V.V., Pushkareva M.V. Harmonization of hygienic rationing of chemical substances in water by the general sanitary indicator of harmfulness. *Gigiena i Sanitariya*. 2024; 103(1): 81–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-1-81-86> (in Russian)
5. Mamonov R.A., Zholdakova Z.I., Sinitcina O.O., Pechnikova I.A. Complex of hazard criteria for improving the list of hygienic standards of chemical substances in water. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(11): 1099–102. <https://elibrary.ru/yobwyy> (in Russian)
6. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *SIDS Initial Assessment Report for SIAM 13 on Benzoates: Benzoic Acid (CAS No. 65-85-0), Sodium Benzoate (CAS No. 532-32-1), Potassium Benzoate (CAS No. 582-25-2), and Benzyl Alcohol (CAS No. 100-51-6)*. UNEP Publications (2001), 320.
7. Rumyantsev G.I., Novikov S.M., Koseeva E.E., Fursova T.N., Kochetkova T.A., Zaitseva E.P. Experimental studies of biological studies of A-1 by GC in water, soil and plant material. Experimental studies of biological action of benzyl alcohol. *Gigiena i Sanitariya*. 1985; 2: 81–3. (in Russian)
8. Ventullo R.M., Larson R.J. Metabolic diversity and activity of heterotrophic bacteria in ground water. *Environ. Toxicol. Chem.* 1985; 4: 759–71.
9. Junker T., Paatzsch Ch., Knacker T. A water-sediment screening tool for measuring biodegradation of organic chemicals. *Sci Total Environment*. 2010; 408(18): 3803–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.011>
10. Halliwell B., Gutteridge J.M. The importance of free radicals and catalytic metal ions in human diseases. *Mol. Aspects. Med.* 1985; 8(2): 89–193. [https://doi.org/10.1016/0098-2997\(85\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0098-2997(85)90001-9)
11. Piper J.D., Piper P.W. Benzoate and Sorbate Salts: A Systematic Review of the Potential Hazards of These Invaluable Preservatives and the Expanding Spectrum of Clinical Uses for Sodium Benzoate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safet*. 2017; 16(5): 868–80. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12284>
12. Nair B. Final report on the safety assessment of benzyl alcohol, benzoic acid, and sodium benzoate. *Int. J. Toxicol.* 2001; 20 (3): 23–50. <https://doi.org/10.1080/10915810152630729>
13. Kirsenko V.V., Yastrub T.A. Justification of the permissible daily dose of benzoic acid in Ukraine. *Ukrainian journal of modern problems of toxicology*. 2013; (4): 12–21.
14. Khoshnoud M.J., Siavashpour A., Bakshizadeh M., Rashedinia M. Effects of sodium benzoate, a commonly used food preservative, on learning, memory, and oxidative stress in brain of mice. *J. Biomed. Mol. Toxicol.* 2018; 32(2): 1–7. <https://doi.org/10.1002/jbt.22022>
15. Noorafshan A., Erfanizadeh M., Karbalay-Doust S. Sodium benzoate, a food preservative, induces anxiety and motor impairment in rats. *Neurosciences (Riyadh)*. 2014; 19(1): 24–8.
16. National Toxicology Program. NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Benzyl Alcohol (CAS No. 100-51-6) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Gavage Studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*. 1989; 343: 1–158.
17. Piper J.D., Piper P.W. Benzoate and Sorbate Salts: A Systematic Review of the Potential Hazards of These Invaluable Preservatives and the Expanding Spectrum of Clinical Uses for Sodium Benzoate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safet*. 2017; 16(5): 868–80. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12284>

18. WHO. Benzoic Acid and Sodium Benzoate. Concise International Chemical Assessment – Document 26. International Programme on Chemical Safety. Geneva; 2005. https://www.who.int/ips/publications/cicad/cicad26_rev_1.pdf
19. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion on the re-evaluation of benzoic acid (E 210), sodium benzoate (E 211), potassium benzoate (E 212) and calcium benzoate (E 213) as food additives. Panel on Food Additives and Nutrient Sources (ANS). EFSA J. 2016; 14(3): 4433. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4433>
20. FAO and WHO. 2021. Compendium of Food Additive Specifications. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 91st Meeting – Virtual meeting, 1–12 February 2021. FAO JECFA Monographs No. 26. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4737en>
21. Fujitani T. Short-term effect of sodium benzoate in F344 rats and B6C3F1 mice. *Toxicol. Lett.* 1993; 69(2): 171–9. [https://doi.org/10.1016/0378-4274\(93\)90102-4](https://doi.org/10.1016/0378-4274(93)90102-4)
22. Sodemoto Y., Enomoto M. Report of carcinogenesis bioassay of sodium benzoate in rats: absence of carcinogenicity of sodium benzoate in rats. *J. Environ. Pathol. Toxicol.* 1980; 4(1): 87–95.
23. Krasovskiy G.N., Egorova N.A., Bykov I.I. Methodology of harmonization of hygienic standards of substances in water and its realization at perfection of water-sanitary legislation. *Vestnik RAMN.* 2006; 4: 32–6.
24. Rakhamanov Yu.A., Krasovskiy G.N., Egorova N.A., Mikhailova R.I. Harmonization of hygienic standards of chemical substances content in water. *Metody' ocenki sootvetstviya.* 2013; 4: 14–8. (in Russian)
25. Sinitcina O.O., Krasovskiy G.N., Zhaldakova Z.I. Criteria of threshold action of chemical substances polluting various environmental objects. *Vestnik Rossijskoj akademii meditsinskix nauk.* 2003; (3): 1723. (in Russian)
26. *Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Forty-sixth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, World Health Organization (WHO).* Geneva, Switzerland (1997). World Health Organ technical report series. 1997: 868.
27. WHO. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda.* Geneva; 2017. 614 p.
28. Sinitcina O.O., Turbinsky V.V., Pushkareva M.V. Improving the methodology of hygienic regulation of chemicals in water, depending on the possibility of influencing human health and water use conditions. In: Popova A.Yu., Kuzmin S.V., ed. *Erisman Readings – 2023. New Developments in Preventive Medicine and Ensuring the Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population. Proceedings of the First All-Russian Scientific Congress with International Participation [Erismanovskie chteniya – 2023. Novoye v profilakticheskoy meditsine i obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya: Materialy I Vserossijskogo nauchnogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiyem].* Mytishchi; 2023: 253–7. <https://elibrary.ru/fsbekd>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Синицына Оксана Олеговна – доктор мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, 141014, Россия. E-mail: sinitcyna.oo@fncg.ru

Турбинский Виктор Владиславович – доктор мед. наук, доцент, заведующий отделом гигиены воды ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, г. Мытищи, Россия. E-mail: turbinskii.vv@fncg.ru

Тульская Елена Анатольевна – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены воды ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, г. Мытищи, Россия. E-mail: tulskaya.ea@fncg.ru

Беляева Надежда Игоревна – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены воды ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, г. Мытищи, Россия. E-mail: nadinai@mail.ru

Пивнева Ольга Сергеевна – научный сотрудник отдела гигиены воды ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, г. Мытищи, Россия. E-mail: pivneva.os@fncg.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oksana O. Sinitcyna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Research, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, 141014, Moscow Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-0241-0690> E-mail: sinitcyna.oo@fncg.ru

Viktor V. Turbinskii – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Water Hygiene Department, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, 141014, Moscow Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-7668-9324> E-mail: turbinskii.vv@fncg.ru

Elena A. Tulskaya – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Water Hygiene Department, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-1969-4009> E-mail: tulskaya.ea@fncg.ru

Nadezhda I. Belyaeva – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Water Hygiene Department, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, 141014, Moscow Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-9904-3793> E-mail: nadinai@mail.ru

Olga S. Pivneva – Researcher of the Water Hygiene Department, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, 141014 Moscow Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-4310-6724> E-mail: pivneva.os@fncg.ru

