

Читать
онлайнRead
online

Мамонов Р.А.¹, Лебедь-Шарлевич Я.И.¹, Манаева Е.С.¹, Печникова И.А.¹,
Синицына О.О.²

Гигиеническое нормирование вредных химических веществ в воде – взгляд через призму исследований Научно-исследовательского института им. А.Н. Сысина

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия;

²ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена истории гигиенического нормирования вредных химических веществ в воде в Научно-исследовательском институте имени А.Н. Сысина, охватывающей несколько десятилетий. Подробно описываются этапы развития методологии гигиенического нормирования химических веществ в воде начиная с первых нормативных документов, разработанных под руководством А.Н. Сысина в 40-х годах XX века, до усовершенствованной методики, включающей ускоренные и углубленные токсикологические эксперименты. Разработанная схема этапного нормирования химических веществ сочетает экспериментальный метод обоснования ПДК по органолептическому и общесанитарному показателям вредности с приёмами, позволяющими сократить сроки токсикологических исследований без потери качества результатов. Рассматриваются современные подходы к прогнозированию токсичности веществ и их биотрансформации, в том числе методы квантовой химии, интеллектуального анализа данных.

Отражены проблемы обеспечения безопасных условий водопользования населения, применения новых химических соединений в различных сферах производства, эффективности и безопасности реагентов и технологий, используемых в процессах водоочистки и водоподготовки, задачи совершенствования критериев и методов изучения комбинированного действия веществ. Представлены результаты изучения трансформации веществ под действием различных обеззараживающих агентов.

В результате многолетних исследований сотрудниками института разработаны методические указания по обоснованию гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и методические указания по оценке безопасности материалов, реагентов и оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки, гигиенические нормативы содержания химических веществ в воде, основополагающие документы по нормированию химических веществ в окружающей среде.

Ключевые слова: гигиенические нормативы; питьевая вода; химическая безопасность; водоподготовка; обеззараживание воды; токсичность

Для цитирования: Мамонов Р.А., Лебедь-Шарлевич Я.И., Манаева Е.С., Печникова И.А., Синицына О.О. Гигиеническое нормирование вредных химических веществ в воде – взгляд через призму исследований Научно-исследовательского института им. А.Н. Сысина. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(10): 1261–1272. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1261-1272> <https://elibrary.ru/vsyubw>

Для корреспонденции: Мамонов Роман Александрович, e-mail: RMamonov@cspm.ru

Участие авторов: Мамонов Р.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование текста; Лебедь-Шарлевич Я.И. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Манаева Е.С. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Печникова И.А. – написание и редактирование текста; Синицына О.О. – обобщение данных, редактирование текста. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 19.07.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 19.11.2024

Roman A. Mamonov¹, Yana I. Lebed-Sharlevich¹, Elizaveta S. Manaeva¹, Irina A. Pechnikova¹,
Oksana O. Sinitsyna²

Hygienic regulation of harmful chemicals in water – a view through the prism of research by the A.N. Sysin Research Institute

¹Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation;

²Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

The article is devoted to the history of hygienic regulation of harmful chemicals in water at the A.N. Sysin Research Institute, spanning several decades. The article details the stages of the development of the methodology for hygienic regulation of chemicals in water, starting from the first regulatory documents developed under the guidance of A.N. Sysin in the 1940s to an improved methodology that includes accelerated and in-depth toxicological experiments. The developed step-by-step regulation scheme for chemicals in water combines the experimental method of substantiating maximum allowable concentrations (MACs) based on organoleptic and general sanitary indicators of harmfulness with techniques that allow reducing the duration of toxicological studies where it is possible without loss of quality of the results.

There are considered modern approaches to predicting the toxicity of substances and their biotransformation, including the use of data mining methods and quantum chemistry.

Special attention is given to studying the issues of ensuring safe water use conditions for the population, the application of new chemical compounds in various industries, as well as the effectiveness and safety of reagents and technologies used in water purification and water treatment processes, including improving criteria and methods for studying the combined effects of substances. The results of studies on the transformation processes of substances under the action of various disinfecting agents are presented.

Many years of research by the Institute's staff are reflected in the Methodological Guidelines for substantiating hygienic standards for chemicals in the water of household and drinking water bodies and recreational water use, Methodological Guidelines for assessing the safety of materials, reagents, and equipment used for water purification and treatment, and the development of hygienic standards for the content of chemicals in water. On this basis, modern main documents on the regulation of chemicals in the environment have been created.

Keywords: hygienic standards; drinking water; chemical safety; water treatment; water disinfection; toxicity

For citation: Mamonov R.A., Lebed-Sharlevich Ya.I., Manaeva E.S., Pechnikova I.A., Sinitsyna O.O. Hygienic regulation of harmful chemicals in water — a view through the prism of research by the A.N. Sysin Research Institute. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2024; 103(10): 1261–1272. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1261-1272> <https://elibrary.ru/vsyubw> (In Russ.)

For correspondence: Roman A. Mamonov, e-mail: RMamonov@cspniz.ru

Contribution: Mamonov R.A. — concept and design of the study, text editing; Lebed-Sharlevich Ya.I. — collection and processing of material, text writing; Manaeva E.S. — collection and processing of material, text writing; Pechnikova I.A. — text writing and editing; Sinitsyna O.O. — generalization of data, text editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: July 19, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: November 19, 2024

Укрепление здоровья населения, снижение заболеваемости, смертности, интенсивности воздействия вредных факторов на человека, повышение качества среды обитания являются ключевыми задачами социально-экономической политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности¹. Достигнуты они могут быть за счёт разработки и соблюдения гигиенических нормативов факторов среды обитания, в том числе обеспечения безопасных условий водопользования населения. Комплексный подход к решению этой задачи включает гарантию безвредности воды по химическому составу². При этом устанавливаемые допустимые уровни содержания должны быть едиными для всех видов водопользования — и хозяйственно-питьевого, и культурно-бытового [1].

Этими вопросами в течение нескольких десятилетий, практически с момента создания, занимался НИИ общей и коммунальной гигиены (впоследствии — НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды) под руководством директора академика А.Н. Сысина. Позднее институт стал носить его имя. В 1937 г. был разработан «Временный стандарт на качество воды, подаваемой в сеть хозяйственно-питьевыми водопроводами» (утв. приказом № 17/М-2 Народного комиссариата коммунального хозяйства и Главной государственной санитарной инспекции РСФСР от 29.01.1937 г.). Этот стандарт, первый не только в нашей стране, но и в Европе, наряду с показателем содержания сапрофитной микрофлоры предусматривал определение в воде кишечной палочки и включал нормативы органолептических свойств воды (запах, привкус, мутность и цветность).

В 1941 г. А.Н. Сысиным были впервые разработаны критерии вредности и основные методологические подходы к обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде, в том числе принцип сочетания пяти гигиенических и экологических показателей, предложена методическая схема, обоснованы первые нормативы содержания мышьяка, свинца и фенола [2]. ГОСТ 2874–45 «Вода питьевая, нормы качества» содержал уже 17 показателей, в том числе небольшой перечень нормативов специфических химических ингредиентов в составе воды, общий для всех водопроводов: свинец, мышьяк, фтор, медь, цинк и фенолсодержащие соединения, а также нормативы железа, марганца, жёсткости, остаточного активного хлора и pH для водопроводов, имеющих водоочистные устройства.

В следующем документе водно-санитарного законодательства, ГОСТ 2874–54 «Вода питьевая», подготовкой которого руководил профессор С.Н. Черкинский, был учтён накопленный опыт и данные экспериментальных иссле-

дований в области гигиенического нормирования. Особое значение учёный придавал санитарно-токсикологическим исследованиям для обоснования безвредных концентраций химических веществ в воде. Схему нормирования после усовершенствования составили три гигиенических критерия: органолептический, общесанитарный и токсикологический. Разделы, описывающие воздействие химических веществ на водные организмы, со временем выделились в самостоятельное научное направление, связанное с обоснованием ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Под руководством С.Н. Черкинского была создана методология гигиенического нормирования химических веществ в воде водоёмов, в том числе питьевой [3], а в 1975 г. изданы соответствующие методические указания³, унифицировавшие эти исследования. С.Н. Черкинским были заложены основы санитарной охраны водных объектов, гигиены воды и водоснабжения [4, 5] и подготовлена научная школа гигиенистов — более 120 докторов и кандидатов медицинских и биологических наук в области гигиены воды и санитарной охраны водоёмов.

Дальнейшее развитие гигиенического нормирования происходило в направлении углубления исследований разнообразных биологических эффектов, стабильности и трансформации веществ в воде, применения новых методов и критериев обоснования нормативов, а также повышения объективности получаемых результатов при изучении органолептических свойств воды (см. таблицу).

Со второй половины XX века Научно-исследовательский институт им. А.Н. Сысина стал ведущим учреждением страны, в которое направлялись материалы по обоснованию гигиенических нормативов в воде, атмосферном воздухе и почве, поскольку на базе института функционировала Проблемная комиссия Академии медицинских наук СССР «Научные основы гигиены окружающей среды». Секция академии «Гигиена воды и санитарная охрана водоёмов» (председатель — Г.Н. Красовский, заместитель председателя — Ю.А. Рахманин, учёный секретарь — З.И. Жолдакова) осуществляла методическое руководство научными исследованиями однопрофильных институтов, координировала подготовку документов водно-санитарного законодательства, рассмотрение научных материалов по обоснованию ПДК и ОДУ химических веществ в воде [6]. Результатом более чем тридцатилетней деятельности секции стала подготовка свыше 50 документов общегосударственного уровня (санитарных правил и норм, правил, методических указаний). На пленарных заседаниях секции были рассмотрены и утверждены ПДК и ОДУ более 1500 химических веществ в воде. Развивалось международное сотрудничество. С участием специалистов института были разработаны фундаментальные руководства по охране

¹ Указ Президента РФ от 11.03.2019 г. № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

² Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ.

³ Методические указания по разработке и научному обоснованию ПДК вредных веществ в воде водоёмов № 1296–75 (утв. Министерством здравоохранения СССР 15 апреля 1975 г. № 1296–75).

Основные этапы развития системы гигиенического нормирования химических веществ в воде**Stages of development of the methodology for hygienic regulation of substances in water**

Годы Years	Содержание этапа Stage content	Авторы Authors	Результаты Results
1937	«Временный стандарт на качество воды, подаваемой в сеть хозяйственно-питьевыми водопроводами» Temporary standard for the quality of water supplied to the network by domestic and drinking water supply systems	А.Н. Сынин A.N. Sysin	Содержание сапрофитной микрофлоры, кишечной палочки. Органолептические показатели — запах, привкус, мутность, цветность Content of saprophytic microflora, Escherichia coli. Organoleptic indicators — smell, taste, turbidity, color
1941	Методическая схема гигиенического нормирования, критерии вредности и подходы к обоснованию ПДК Methodological scheme of hygienic regulation, harmfulness criteria, and approaches to substantiating MACs	А.Н. Сынин A.N. Sysin	5 гигиенических и экологических показателей, ПДК мышьяка, свинца и фенола Five hygienic and environmental indicators, MACs for arsenic, lead, and phenol
1945	ГОСТ 2874—45 «Вода питьевая, нормы качества» Standard 2874—45 Drinking water, quality standards	А.Н. Сынин A.N. Sysin	17 нормативов, в том числе свинец, мышьяк, фтор, медь, цинк и фенолсодержащие соединения (все водопроводы), железо, марганец, жёсткость, остаточный активный хлор, pH 17 standards, including lead, arsenic, fluorine, copper, zinc and phenol-containing compounds (all water supplies), iron, manganese, hardness, residual active chlorine, pH
1949	Методология гигиенического нормирования химических веществ в воде водоёмов Methodology for hygienic standardization of chemicals in water bodies	С.Н. Черкинский S.N. Cherkinsky	3 гигиенических показателя: органолептический, общесанитарный, токсикологический 3 hygienic indicators: organoleptic, general sanitary, toxicological
1954	ГОСТ 2874—54 «Вода питьевая» Standard 2874—54 Drinking water	С.Н. Черкинский S.N. Cherkinsky	18 показателей: 3 микробиологических, 6 органолептических, 9 санитарно-химических 18 indicators: 3 microbiological, 6 organoleptic, 9 sanitary-chemical
1973	ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая» State Standard 2874—73 Drinking water	С.Н. Черкинский S.N. Cherkinsky	32 показателя. Комплексный подход к качеству питьевой воды: безопасность в эпидемическом отношении; безвредность по химическому составу; благоприятные органолептические свойства 32 indicators. An integrated approach to drinking water quality: epidemic safety; harmlessness in chemical composition; favorable organoleptic properties
1975	Методические указания по разработке и научному обоснованию ПДК вредных веществ в воде водоёмов № 1296—75 Guidelines for the development and scientific substantiation of maximum allowable concentrations of harmful substances in the water of reservoirs No. 1296—75	С.Н. Черкинский, Г.Н. Красовский S.N. Cherkinsky, G.N. Krasovsky	Принципы и методы гигиенического нормирования веществ в воде. Схема этапного гигиенического нормирования веществ Principles and methods of hygienic regulation of substances in water. Scheme of stage-by-stage hygienic regulation of substances
1976—1985	Внедрение методов изучения отдалённых эффектов Introduction of methods for studying long-term effects	НИИ гигиенического профиля, кафедры вузов Research institutes of hygienic profile, university departments	Методические указания и несколько сотен ПДК Methodological guidelines and several hundred MACs
1979	Разработка расчётных и экспресс-экспериментальных методов гигиенического нормирования Development of calculation and rapid experimental methods for hygienic regulation	Г.Н. Красовский, З.И. Жолдакова, Н.А. Егорова G.N. Krasovsky, Z.I. Zholdakova, N.A. Egorova	Несколько сотен ОДУ и ПДК Several hundred APLs and MACs
1980	Научное обоснование методологии нормирования оптимальных уровней содержания биогенных веществ в питьевой воде Scientific justification for methodology of regulation of optimal levels of biogenic substances in drinking water	Ю.А. Рахманин, Р.И. Михайлова Yu.A. Rakhmanin, R.I. Mikhailova	Нормативы для ряда биогенных веществ в питьевой воде Standards for a number of biogenic substances in drinking water
1980	Руководство ВОЗ по гигиеническим аспектам опреснения воды Guidelines on health aspects of water desalination	Г.И. Сидоренко, Ю.А. Рахманин G.I. Sidorenko, Yu.A. Rakhmanin	Гигиенические основы опреснения высокоминерализованных, в том числе морских, вод для питьевых целей Hygienic basics of the desalination of high mineralized water, including marine, for drinking purposes

Окончание Таблицы на стр. 1264. / End of the Table on page 1264.

Окончание Таблицы. Начало на стр. 1263. / The End of the Table. The beginning is on page 1263.

Годы Years	Содержание этапа Stage content	Авторы Authors	Результаты Results
1982	ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества» Standard 2874–82 Drinking water. Hygienic requirements and quality control	Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, В.Т. Мазаев G.N. Krasovsky, Yu.A. Rakhmanin, V.T. Mazaev	29 показателей 29 indicators
1981–2000	Концепция выбора приоритетных веществ, загрязняющих воду Concept of selecting priority water pollutants	Н.А. Егорова N.A. Egorova	Схема и методика выбора веществ для регионального контроля Scheme and methodology for selecting substances for regional control
1976–2002	Учёт стабильности, трансформации и биоаккумуляции Consideration of stability, transformation, and bioaccumulation	Г.Н. Красовский, З.И. Жолдакова G.N. Krasovsky, Z.I. Zholdakova	ПДК для ряда веществ и дальнейшая разработка этих проблем MACs for a number of substances and further development of these issues
1996	СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы» Sanitary rules and regulations 2.1.4.559–96 Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Sanitary rules and regulations	В.Т. Мазаев, Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, З.И. Жолдакова, А.Е. Недачин V.T. Mazaev, G.N. Krasovsky, Yu.A. Rakhmanin, Z.I. Zholdakova, A.E. Nedachin	48 показателей. Перечень гигиенических нормативов содержания вредных веществ в питьевой воде 48 indicators. List of hygienic standards for the content of harmful substances in drinking water
1996–2000	Критический анализ использования альтернативных методов для оценки качества воды Critical analysis of using alternative methods for water quality assessment	Н.А. Егорова, Ю.А. Рахманин, Г.Н. Красовский N.A. Egorova, Yu.A. Rakhmanin, G.N. Krasovsky	Разработаны условия, ограничивающие и допускающие применение альтернативных методов Conditions limiting and allowing the use of alternative methods
2000–2002	Гармонизация нормативов Российской Федерации и стандартов ВОЗ, ЕС в развитых странах Harmonization of Russian Federation standards with WHO and EU standards in developed countries	Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова, З.И. Жолдакова, Р.И. Михайлова G.N. Krasovsky, Yu.A. Rakhmanin, N.A. Egorova, Z.I. Zholdakova, R.I. Mikhailova	Гармонизированы первые 100 нормативов из перечня ПДК, нормативы качества расфасованных вод The first 100 standards from the list of MACs were harmonized, standards for packaged water quality
2004	Разработка научных основ регионального нормирования химических веществ в окружающей среде с учётом комплексного поступления в организм Development of scientific foundations for regional regulation of chemical substances in the environment considering their comprehensive intake into the body	О.О. Сеницына, Ю.А. Рахманин, З.И. Жолдакова O.O. Sinititsyna, Yu.A. Rakhmanin, Z.I. Zholdakova	Методология нормирования на основе допустимой суточной дозы с учётом комплексного поступления в организм из нескольких объектов окружающей среды (воздух, вода, пища) The regulation methodology based on the acceptable daily intake, taking into account the combined intake into the body from multiple environmental sources (air, water, food)

окружающей среды и профилактической токсикологии, в том числе в рамках деятельности Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) [7, 8].

Методология гигиенического нормирования химических веществ в воде водоёмов, созданная в 1950–1960 гг. С.Н. Черкинским, получила развитие в исследованиях под руководством Г.Н. Красовского, Ю.А. Рахманина, З.И. Жолдаковой с участием Н.А. Егоровой, О.О. Сеницыной, Р.И. Михайловой, Н.В. Харчевниковой, Е.В. Кустовой, Е.Е. Поляковой, Е.А. Тульской, Е.Е. Одинцова, К.Б. Карамзина, Е.Н. Головач, Р.А. Мамонова, И.А. Печниковой.

Исследования Г.Н. Красовского были направлены на разработку принципов, критериев и методов оценки токсичности веществ в воде, методических основ моделирования интоксикаций и экстраполяции результатов с животных на человека [9], использование ускоренных методов гигиенического нормирования, совершенствование методов оценки стабильности и трансформации веществ, основы изучения токсичных веществ, образующихся при хлорировании

воды. Учёным были унифицированы критерии и методы определения острой и хронической токсичности, кумулятивности, органолептических свойств, предложена схема этапного нормирования с классификацией веществ по степени токсичности [10–12]. Совместно с З.И. Жолдаковой и Н.А. Егоровой разработаны расчётные и экспресс-экспериментальные методы санитарно-токсикологической оценки химических веществ в воде⁴ [13]. В основе методологии этапного нормирования лежало сочетание экспериментального метода обоснования ПДК по органолептическому и общесанитарному признакам вредности с приёмами, позволяющими сократить сроки токсикологических исследований без потери качества результатов. Основными принципами данного подхода были последовательное применение ускоренных и углублённых токсикологических экспериментов и переход к следующему этапу только в тех случаях, когда

⁴ Методические указания по применению расчётных и экспресс-экспериментальных методов при гигиеническом нормировании химических соединений в воде водных объектов. МУ № 1943–78. Утв. Министерством здравоохранения СССР 08 декабря 1978 г.

данных, полученных на предыдущем этапе, недостаточно для надёжного обоснования ПДК. Предложенная методология нормирования химических веществ впервые нашла отражение в Методических указаниях МУ № 1296–75⁵.

Накопленный внушительный объём информации о токсичности и опасности веществ, систематизированный в архиве секции «Гигиена воды и санитарная охрана водоёмов», позволил З.И. Жолдаковой разработать систему прогноза токсичности загрязняющих воду веществ, включающую экспресс-эксперименты, зависимости «химическая структура — активность», что повысило надёжность и снизило стоимость исследований по обоснованию ПДК [14].

Дальнейшее развитие научных направлений, в том числе гигиенического нормирования, обусловило создание в 1989 г. нового подразделения института — лаборатории методов единого эколого-гигиенического нормирования (с 2004 г. — комплексного эколого-гигиенического нормирования), которую возглавила З.И. Жолдакова. Методология обоснования ПДК продолжала развиваться, превратившись в сложную и многогранную систему, которая учитывала разнообразные негативные воздействия химических веществ на здоровье человека. Сотрудниками НИИ им. А.Н. Сысина была доработана методическая схема этапного нормирования химических веществ с учётом новых данных о закономерностях развития токсического процесса, связи между токсичностью и показателями структуры и свойств веществ, развитии отдалённых эффектов, кумулятивных свойствах веществ, их стабильности и трансформации (рис. 1) [14–17]. Совершенствование методологии нормирования химических веществ в воде нашло отражение в методических указаниях МУ 2.1.5.720–98 «Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»⁶, МУ 1.1.726–98 «Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населённых мест и воде водных объектов»⁷.

Результатом развития методологии гигиенического нормирования стало утверждение новых ПДК химических веществ в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования^{8,9}, разработанных с участием сотрудников лаборатории. Созданная З.И. Жолдаковой система прогноза токсичности и опасности веществ для целей их гигиенического нормирования в воде [14] получила развитие в совместных с Н.В. Харчевниковой исследованиях [18], позволивших на системном уровне оценить механизм действия веществ, изучить зависимости «структура — биотрансформация — активность», трансформацию и биоактивацию химических веществ, их поведение в организме и потенциальные токсические эффекты [16].

В докторской диссертации Н.В. Харчевниковой были обоснованы преимущества и ограничения связей «структура — активность» с учётом биотрансформации по сравнению с соотношениями, основанными на свойствах исходных веществ, по надёжности и применимости для количественного прогноза биологической активности веществ в различных структурных рядах. Было показано, что метод выбора и расчёта квантово-химических параметров, основанный на гипотезе об определяющей стадии механизма токсического

действия и ключевой реакции биотрансформации, позволяет давать теоретически обоснованный и более надёжный по сравнению с эмпирическим выбором параметров прогноз токсичности и опасности веществ. Н.В. Харчевниковой была предложена основанная на совмещении интеллектуальной логико-комбинаторной ДСМ-системы и методов квантовой химии комплексная система прогнозирования токсичности и опасности веществ [19]. Разработанная автоматизированная система прогноза токсичности и опасности, которая включала базу данных WATERTOХ и базу данных по канцерогенности веществ, сопряжённую с логико-комбинаторной ДСМ-системой и программами расчётов электронных параметров методами квантовой химии, позволила прогнозировать классы опасности неизученных химических веществ, давать предварительную оценку токсичности при планировании экспериментов по обоснованию безопасных доз и концентраций для целей нормирования в воде, а также выявлять вещества, ПДК которых подлежат пересмотру [20].

В лаборатории изучали процессы трансформации химических веществ не только в организме, но и в воде, разрабатывали критерии и методы сравнительной гигиенической оценки опасности исходных и конечных продуктов их превращений в водной среде. Так, научная работа О.О. Сеницыной, ставшая основой её кандидатской диссертации, была посвящена гигиенической оценке опасности аварийного загрязнения нестабильными соединениями на примере ацетонцианидрина (далее — АЦГ) и продуктов его трансформации [21]. Тема была особенно актуальна в связи с аварийным загрязнением АЦГ р. Западная Двина (1990 г.). В условиях естественного водоёма и в эксперименте изучена стабильность АЦГ, рассмотрены две стадии трансформации, состав соединений и их стабильность в окружающей среде [22]. Установлено, что цианид-ион наиболее опасен в цепочке превращений АЦГ в воде и в организме, и скорость его образования играет определяющую роль в токсичности АЦГ [23]. Комплекс проведённых гигиенических исследований послужил основанием для изменения ПДК ацетонцианидрина. В диссертационной работе О.О. Сеницыной был поставлен вопрос, не теряющий актуальности в научной сфере и сейчас, — необходимость разработки алгоритмов исследования аварийного загрязнения водных объектов химическими веществами для принятия максимально оперативных решений и мер.

В работе Е.В. Кустовой рассматривалась возможность замены опасных высокостабильных полихлорированных бифенилов (ПХБ) соединениями из ряда дифенилалканов [24]. Проведена эколого-гигиеническая оценка четырёх веществ по сравнению с ПХБ. Установлено, что дифенилалканы не обладают выраженным мутагенным, эмбрио- и гонадотоксическим действием, следовательно, более безопасны по способности вызывать отдалённые эффекты. В процессе трансформации дифенилалканов под действием физико-химических факторов образуются менее опасные соединения [25].

В 2005 г. лабораторию возглавила О.О. Сеницына. В диссертационном исследовании на соискание учёной степени доктора медицинских наук ею была изучена актуальная для токсикологии того периода проблема — необходимость учёта комплексного действия химического вещества на организм при загрязнении нескольких объектов окружающей среды, обоснована система регионального нормирования химических веществ в окружающей среде с учётом вероятности их комплексного воздействия на организм [26]. Результатом стала разработка метода установления коэффициента относительной токсичности веществ при разных путях и способах воздействия, обоснование необходимости использования единого комплекса критериев порогового действия ксенобиотиков и метода расчёта реперных доз и концентраций на основе зависимости «доза — ответ» для оценки сравнительной токсичности веществ [27]. Предложены основные критерии и методы изучения опасности веществ с учётом их стабильности и способности к деградации и аккумуляции для установления безопасных уровней в зависимости от путей

⁵ Методические указания по разработке и научному обоснованию предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоёмов. МУ № 1296–75. Утв. Министерством здравоохранения СССР 15 апреля 1975 г.

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

⁷ МУ 1.1.726–98 «Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населённых мест и воде водных объектов».

⁸ ГН 2.1.5.689–98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (отменён).

⁹ ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (отменён).

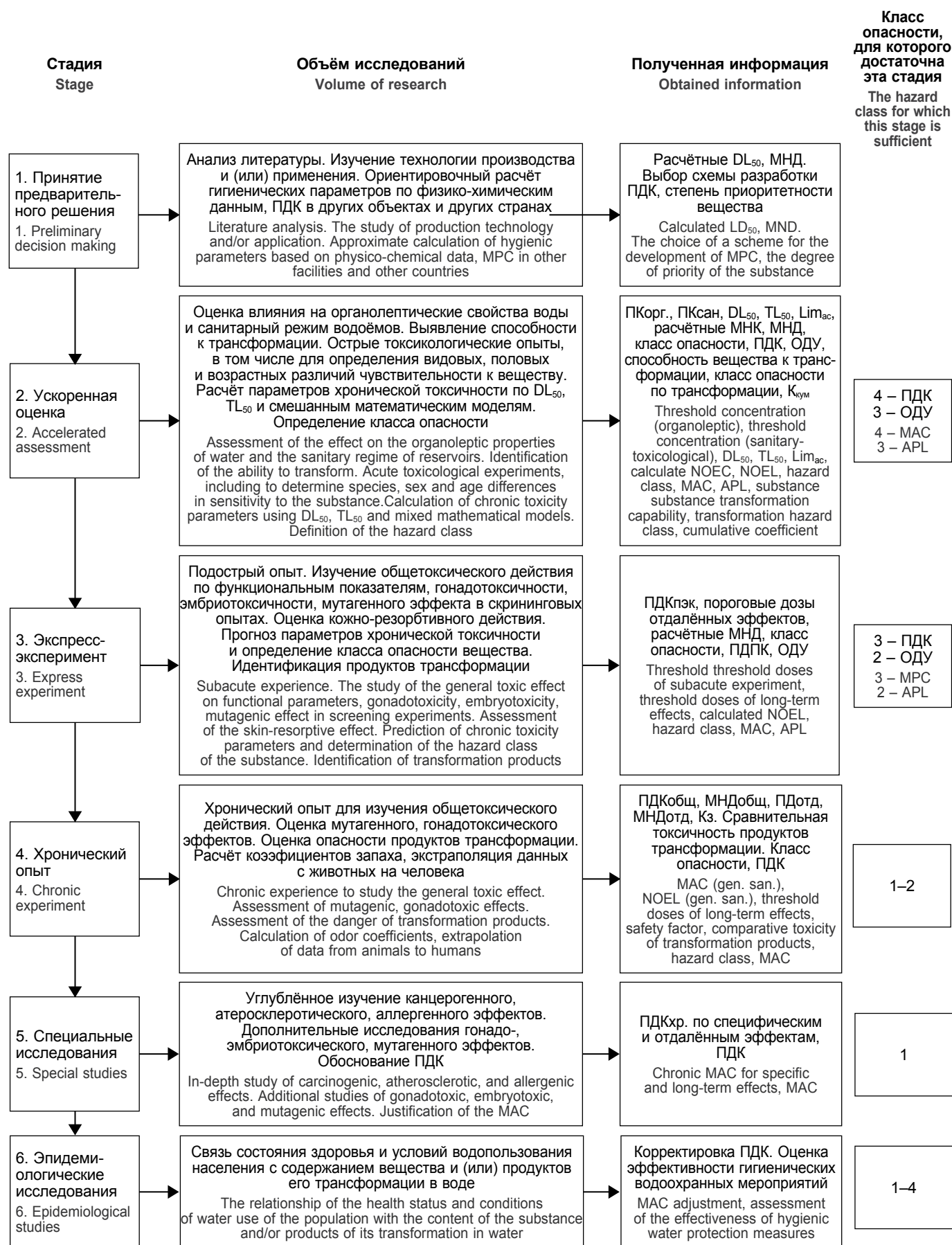


Рис. 1. Схема последовательного (этапного) обоснования нормативов веществ в воде (согласно МУ 2.1.5.720–98).

Fig. 1. Scheme of sequential (step-by-step) justification of water substance standards (according to Methodological guidelines 2.1.5.720–98).

поступления в организм и способа воздействия. Показано значение исследования комплексного действия веществ при низких уровнях содержания в окружающей среде и обоснована методология единого эколого-гигиенического нормирования химических факторов окружающей среды.

Наряду с эколого-гигиеническим нормированием в лаборатории получили развитие такие научные направления, как обеспечение безопасных условий водопользования населения в условиях применения новых химических соединений в различных сферах производства, определение эффективности и безопасности реагентов и технологий, применяемых в процессах водоочистки и водоподготовки, совершенствование критериев и методов изучения комбинированного действия веществ на уровне и ниже ПДК. Активно изучались процессы трансформации веществ под действием различных обеззараживающих агентов.

Диссертационная работа Е.Е. Поляковой на соискание учёной степени кандидата биологических наук была посвящена сравнительной гигиенической оценке опасности веществ промышленного происхождения и продуктов их трансформации, образующихся в процессе водоподготовки, на примере циклогексана, бутилового спирта, дифенилметана, фенилксилилэтана, ацетофенона, анилина и метилнафталина [28]. Изучено действие на промышленные химические вещества и продукты их трансформации не только хлорсодержащих реагентов, но и ультрафиолетового излучения. По результатам работы определены критерии и ограничения использования токсикологических и химико-аналитических методов для сравнения рисков, связанных с исходными веществами промышленного происхождения и продуктами их хлорирования. Предложена система методов гигиенической оценки продуктов трансформации веществ, образующихся в процессе водоподготовки [29].

В лаборатории проводились исследования по оценке реагентов, используемых в практике водоснабжения населения, и продуктов их трансформации. Диссертационная работа Е.А. Тульской была посвящена сравнительной гигиенической оценке полиэлектролитов разных химических классов, применяемых в практике водоснабжения [30]. Установлена зависимость их токсичности от степени загрязнения мономерами. Впервые доказано повышение количества мономера в воде при воздействии озона, получены доказательства опасности совместного применения в системе водоподготовки полиэлектролитов и озонирования [31, 32]. Обоснована новая концепция гигиенической оценки синтетических полиэлектролитов, а также условия санитарно-эпидемиологического контроля их производства и применения. Обоснованы обобщённые ПДК для отдельных химических классов синтетических полиэлектролитов. Результатом данного исследования стала разработка новых методических рекомендаций по использованию синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения¹⁰.

Также проводилась оценка опасности реагентов, используемых в системах горячего водоснабжения населения. Так, в связи с изменением критериев и методов оценки химических веществ возникла необходимость актуализации данных о безопасности применения производных оксизетилендифосфоновой кислоты (далее — ОЭДФК), длительное время используемых в системах горячего водоснабжения. Была впервые доказана зависимость критического эффекта токсического действия ОЭДФК — снижение уровня кальция в крови — от возраста экспериментальных животных [33]. При отсутствии дифференцированных методов определения производных ОЭДФК в воде обоснована единая ПДК ОЭДФК и её производных с учётом принципа «единство норматива и метода контроля». Материалы данного исследования обобщены в кандидатской диссертации К.Б. Карамзина [34].

Сотрудники лаборатории изучали не только широко известные средства обеззараживания воды, но и рассматривали возможность применения новых, ранее не используемых в данной сфере веществ. Так, диссертационная работа Е.Е. Одинцова была посвящена изучению эффективности и безопасности применения для обеззараживания воды бассейнов альтернативного средства на основе полигексаметиленгуанидина гидрохлорида (далее — ПГМГ-ГХ) — вещества из группы гуанидинов, которые традиционно использовались в качестве фармакологического препарата и средства дезинфекции поверхностей, медицинских принадлежностей, пищевых продуктов [35]. Результатом стала разработка оригинальной методики оценки опасности средств для обеззараживания воды плавательных бассейнов с учётом комплексного действия и факторов экспозиции. Предложен новый критерий для гигиенической оценки опасности и оценки риска средств обеззараживания воды плавательных бассейнов — допустимая остаточная концентрация. Проведённые исследования позволили установить ПДК одного из мономеров ПГМГ-ГХ — гуанидина гидрохлорида — и разработать метод его определения в воде. Е.Е. Одинцовым была доказана необходимость обоснования ПДК другого мономера ПГМГ-ГХ, гексаметиленмина, и возможность применения полиалкилгуанидинов для обеззараживания воды бассейнов [36].

Изучались различные способы обеззараживания воды, в том числе альтернативные (озонирование, ультрафиолетовое облучение), в системах водоснабжения населения, их эффективность и безопасность использования. В работе Е.Н. Головач проведена санитарно-эпидемиологическая оценка новой физико-химической технологии обеззараживания воды фотодинамическим методом с использованием активных красителей из тиазинового и тетраапорфиринового рядов — метиленового голубого и холиномилзамещённого фталоцианина цинка [37]. Установлено, что промежуточные продукты фототрансформации данных веществ значительно опаснее исходных соединений. Доказана невозможность применения химических фотосенсибилизаторов для обеззараживания любых вод по причине высокой токсичности этих веществ и усиления эффекта за счёт комбинированного действия [38, 39].

Важным направлением работы лаборатории стало исследование комбинированного действия химических веществ. Изучение Р.А. Мамоновым дезинфицирующего средства на основе смеси полигексаметиленгуанидина и алкилдиметилбензиламмоний хлорида показало, что существует зависимость характера комбинированного действия компонентов бинарного препарата от объекта, дозы и длительности воздействия [40]. Степень потенцирования при действии на микроорганизмы уменьшается со снижением концентрации, а при действии на млекопитающих повышается с уменьшением дозы и увеличением длительности воздействия [41]. Следовательно, для смесей постоянного состава, в которые целенаправленно введены вещества, усиливающие эффект, необходимо изучать в хронических экспериментах характер комбинированного действия компонентов на уровне максимальных недействующих доз и ниже [42].

Лаборатория развивала и вводила в практику принцип единства норматива и метода контроля веществ в воде, который позволял устанавливать единую ПДК для группы соединений с одним механизмом токсического действия на организм [43]. Так, в кандидатской диссертации И.А. Печниковой была проведена сравнительная оценка циануровой кислоты и ряда её производных, что дало возможность рекомендовать единую ПДК изученных веществ в воде водных объектов и питьевой воде при обеззараживании индивидуальных запасов хлорциануратами на уровне 6 мг/л (по циануровой кислоте). Показана целесообразность обоснования дифференцированных нормативов для хлорциануратов в зависимости от условий водопользования и реальных факторов экспозиции [44–46]. Изучены проблемы

¹⁰ МУ 2.1.4.1060–01 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения».

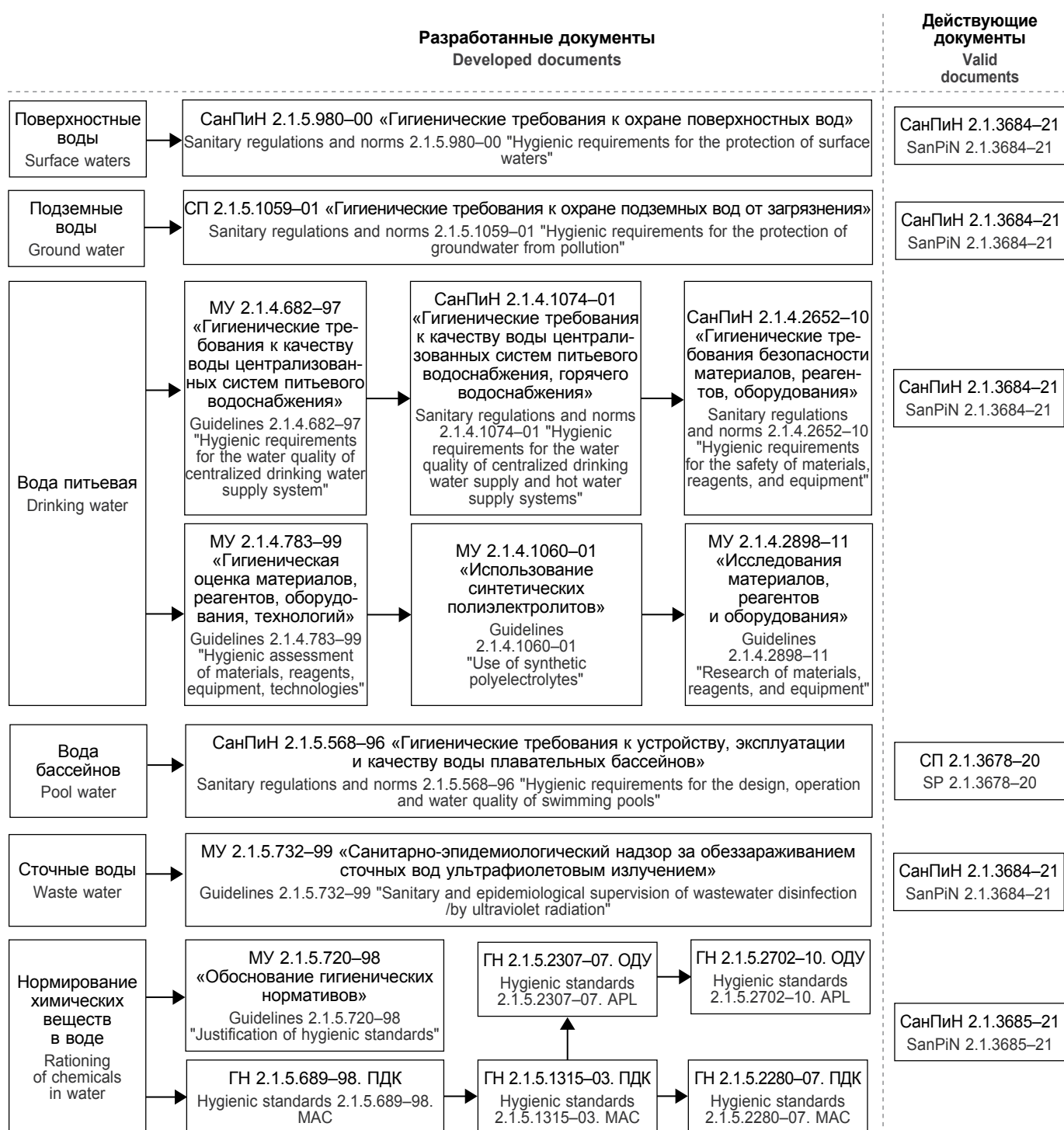


Рис. 2. Развитие нормативно-методической базы в области требований к условиям водопользования.

Fig. 2. Development of the normative-methodological framework in the field of water use requirements.

трансформации химических веществ в галогенсодержащие соединения, рассматривалась возможность использования показателя АОХ (адсорбируемые органические галогениды) для оценки суммарного содержания галогенсодержащих соединений [47].

Таким образом, всесторонне изучались различные способы обеззараживания, используемые в системах водоподготовки и водоотведения, реагенты, их комбинированное действие и продукты трансформации в воде. Результатом этой масштабной работы стали методические указания по оценке безопасности материалов, реагентов и оборудования, используемых для водоочистки и водо-

подготовки¹¹. Сотрудники лаборатории разработали более 50 нормативно-методических документов (в том числе 8 СанПиН, 13 ГН, 1 руководство, 29 методических указаний и рекомендаций), свыше 200 гигиенических нормативов содержания химических веществ в воде. В результате многолетних исследований были созданы основные документы по нормированию химических веществ в окружающей среде (рис. 2).

¹¹ МУ 2.1.4.2898–11 Методические указания «Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Санитарно-эпидемиологические исследования (испытания) материалов, реагентов и оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки».

Заключение

Система гигиенического нормирования химических веществ в воде, включающая как саму методологию с её принципами, критериями и методами, так и основные показатели (ПДК и ОДУ), продолжает непрерывно развиваться и совершенствоваться.

В первом десятилетии XXI века Г.Н. Красовским, Ю.А. Рахманиным, З.И. Жолдаковой, Н.А. Егоровой и соавт. [48–50] гармонизировано с международными рекомендациями свыше 70 нормативов содержания веществ в воде с учётом новых данных об их токсичности и опасности, в первую очередь канцерогенных свойствах. При разработке действующих в настоящее время СанПиН 1.2.3685–21¹², требования которых распространяются и на различные виды вод, эта процедура была продолжена. В соответствии с принципами приемлемого канцерогенного риска ужесточены ПДК шести веществ, введены нормативы пяти веществ, рекомендованные ВОЗ, учтён международный опыт нормирования ряда антибиотиков и гормонов [51]. В результате в настоящее время нормативная база водно-санитарного законодательства включает ПДК 1369 веществ и ОДУ 446 соединений. Последние в силу отсутствия методов определения в воде не могут использоваться для контроля безопасности условий водопользования населения,

¹² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

а также низкой надёжности предотвращения негативного влияния на здоровье из-за их обоснования экспресс-экспериментальными и расчётными методами, и требуют актуализации и аналитического обеспечения.

Обсуждаются создание системы установления дифференцированных гигиенических нормативов в воде для разных видов водопользования в зависимости от возможного влияния на здоровье человека (раздельно для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового), а также разработка метода корректировки ПДК (ОДУ) химических веществ с общесанитарным показателем вредности [1].

Методология гигиенического нормирования совершенствуется научными учреждениями федеральных органов исполнительной власти, в полномочия которых входит обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения (Роспотребнадзор, ФМБА России).

В частности, специалисты ФГБУ «ЦСП» ФМБА России исследуют безопасность окружающей среды (атмосферного воздуха и воды водных объектов) и процессы трансформации веществ для обеспечения комплексной научно-исследовательской работы на территориях ЗАТО, обслуживаемых ФМБА России.

Сохраняют актуальность совершенствование методологии оценки опасности химических веществ, в том числе с применением современных способов получения данных, учёт химической нагрузки на население, обеспечение различных видов мониторинга безопасности окружающей среды, сопровождение действующих нормативов адекватными нормами контроля [52].

Литература

1. Сеницына О.О., Кузнецова О.В., Турбинский В.В., Пушкарева 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> <https://elibrary.ru/tkmgdb>
2. Баштан Ф.А., Несмеянов С.А., Чистяков Т.К. *Допустимые концентрации ядовитых веществ в водоемах*. Ленинград: 1941.
3. Черкинский С.Н. Гигиеническое нормирование в области санитарной охраны водоемов. В кн.: *XIII Всесоюзный съезд гигиенистов эпидемиологов, микробиологов и инфекционистов*. Л.: 1959.
4. Черкинский С.Н. *Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами: (экспериментальные исследования)*. Выпуск 1. М.: 1949.
5. Черкинский С.Н., Беляев И.И., Габович Р.Д. *Руководство по гигиене водоснабжения*. М.: Медицина; 1975.
6. Красовский Г.Н., Жолдакова З.И. Опыт совершенствования организационной деятельности секции «Гигиена воды и санитарная охрана водоемов» Проблемной комиссии АМН СССР. *Гигиена и санитария*. 1982; (9): 48–51. <https://elibrary.ru/wzrgsv>
7. *Руководство по контролю качества питьевой воды. Гигиенические критерии и другая релевантная информация. Том 2*. М.: Медицина; 1987.
8. *Гигиеническая оценка вредных веществ в воде. Опыт сотрудничества стран – членов СЭВ*. М.: Секретариат СЭВ; 1987.
9. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. *Экстраполяция токсикологических данных с животных на человека*. М.: Медицина; 2009.
10. Красовский Г.Н., Ватман Я.И., Витвицкая Б.Р., Жолдакова З.И., Зайцева Н.В., Королев А.А. и др. Повышение эффективности исследований по обоснованию ПДК веществ в воде на основе схемы этапного нормирования. *Гигиена и санитария*. 1983; 62(6): 24–7. <https://elibrary.ru/wboeap>
11. Сидоренко Г.И., Красовский Г.Н., Жолдакова З.И. О путях повышения эффективности исследований по гигиенической регламентации вредных веществ в воде. *Гигиена и санитария*. 1979; 58(7): 18–24. <https://elibrary.ru/wboeap>
12. Красовский Г.Н., Шафиров Ю.Б., Жолдакова И.И., Вайсман Я.И., Зайцева Н.В. Методическая схема гигиенической оценки химических веществ в воде в зависимости от стадий технологической разработки. *Гигиена и санитария*. 1980; 59(8): 39–43. <https://elibrary.ru/vzpadf>
13. Красовский Г.Н., Жолдакова З.И., Пешков А.С., Кох Р., Штробель К., Дуря Д. и др. Экспресс-экспериментальные методы прогнозирования токсичности веществ в воде на основании схемы этапного нормирования. В кн.: *Гигиеническая оценка вредных веществ в воде: опыт сотрудничества стран-членов СЭВ*. М.: 1987: 137–45.
14. Жолдакова З.И. Прогноз токсичности веществ в воде на основе зависимости структура – активность. *Гигиена и санитария*. 1987; 66(7): 11–5. <https://elibrary.ru/xasimx>
15. Жолдакова З.И., Сеницына О.О., Полякова Е.Е. Проблема стабильности и трансформации в комплексном гигиеническом нормировании химических веществ. *Гигиена и санитария*. 2002; (6): 73–7.
16. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В. Прогноз опасности веществ по зависимости структура – биотрансформация – активность. *Российский химический журнал*. 2004; 48(2): 16–24.
17. Красовский Г.Н., Жолдакова З.И., Санюцкий И.В. Методические основы нормирования веществ в воде и воздухе с учетом отдаленных эффектов. В кн.: *Сборник научных трудов «Гигиенические проблемы канцерогенного и мутагенного действия факторов окружающей среды»*. М.: 1985: 104–16.
18. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В., Кустова Е.В., Сеницына О.О. Прогноз токсичности и опасности в проблеме единого эколого-гигиенического нормирования веществ в окружающей среде. *Экология человека*. 1996; (3): 16.
19. Харчевникова Н.В. *Научные основы прогноза токсичности и опасности химических веществ с учетом механизма токсического действия*. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М.: 2011. <https://elibrary.ru/qflwyv>
20. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В. Комплексная система прогноза токсичности и опасности веществ, основанная на использовании соотношений структура – биотрансформация – токсичность. *Токсикологический вестник*. 2013; 5(122): 33–7.
21. Сеницына О.О. *Гигиеническая оценка опасности аварийного загрязнения воды нестабильными соединениями на примере ацетонциангидрина и продуктов его трансформации*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.: 1994.
22. Жолдакова З.И., Мухамбетова Л.Х., Шехтер О.В., Сеницына О.О. Сравнительная оценка процессов трансформации ацетонциангидрина в воде модельного водоема и в организме лабораторных животных. *Гигиена и санитария*. 1993; 72(12): 12–4. <https://elibrary.ru/vvczaz>
23. Жолдакова З.И., Сеницына О.О., Присмотров Ю.А. Гигиеническая оценка процессов трансформации ацетонциангидрина в водной среде. *Гигиена и санитария*. 1994; 73(8): 18–20. <https://elibrary.ru/vvdczh>
24. Кустова Е.В. *Гигиеническая оценка биологических эффектов заменителей полихлорированных бифенилов*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.: 1994. <https://elibrary.ru/zlaodv>
25. Жолдакова З.И., Кустова Е.В., Хамидулина Х.Х. Токсико-гигиеническая оценка заменителей ПХБ. В кн.: *Медицинские аспекты охраны окружающей среды*. М.: 1991: 69–70.
26. Сеницына О.О. *Научные основы системы регионального нормирования химических веществ в окружающей среде с учетом комплексного действия на организм*. Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М.: 2004. <https://elibrary.ru/nrwpjg>
27. Жолдакова З.И., Сеницына О.О. Единые подходы к оценке токсичности и опасности химических веществ, поступающих в организм с воздухом, водой и пищей. *Российский химический журнал*. 2004; 48(2): 25–33.
28. Полякова Е.Е. *Сравнительная гигиеническая оценка опасности веществ промышленного происхождения и продуктов их трансформации, образующихся при обеззараживании воды*. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: 2002. <https://elibrary.ru/nhgxup>
29. Жолдакова З.И., Полякова Е.Е., Лебедев А.Т. Сравнительная оценка опасности веществ промышленного происхождения и их производных, образующихся при хлорировании воды. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (4): 17–22. <https://elibrary.ru/hsynd>

30. Тульская Е.А. *Сравнительная гигиеническая оценка полиэлектролитов, применяемых в практике водоснабжения населения*: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: 2004. <https://elibrary.ru/nofcft>
31. Тульская Е.А. Гигиенические аспекты применения высокомолекулярных флокулянтов для очистки питьевой воды. *РЭТ-инфо*. 2005; (1): 28–31. <https://elibrary.ru/minvdr>
32. Тульская Е.А. Гигиенические основы санитарно-эпидемиологического надзора за использованием синтетических полиэлектролитов для очистки питьевой воды. В кн.: *Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды: Сборник трудов НИИ ЭЧ и ГОС*. М.; 2002: 248–53.
33. Жолдакова З.И., Карамзин К.Б., Тульская Е.А., Силицына О.О., Беляева Н.Н., Харчевникова Н.В. Новые сведения о токсичности и опасности химических и биологических веществ: оксидилендифосфоновая кислота (ОЭДФК). *Токсикологический вестник*. 2003; (1): 48–9. <https://elibrary.ru/vvddth>
34. Карамзин К.Б. *Сравнительная оценка токсичности и опасности реагентов, применяемых в системах горячего водоснабжения*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2007. <https://elibrary.ru/njlotx>
35. Одинцов Е.Е. *Разработка методических рекомендаций к гигиенической оценке химических средств обеззараживания воды плавательных бассейнов на примере полиакриламидов*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2007.
36. Жолдакова З.И., Силицына О.О., Тульская Е.А., Одинцов Е.Е. О гигиеническом нормировании химических средств обеззараживания воды в плавательных бассейнах. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(5): 76–80. <https://elibrary.ru/ibnyzn>
37. Головач Е.Н. *Сравнительная гигиеническая оценка фотосенсибилизаторов и продуктов их фототрансформации на примере метиленового голубого и холинимилазамещенного фталоцианина цинка*: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.; 2009. <https://elibrary.ru/nqqsfv>
38. Сычева Л.П., Шереметьева С.М., Кривцова Е.К., Головач Е.Н., Полякова Е.Е., Силицына О.О. и др. Оценка цитогенетической активности метиленового голубого и продуктов его фотодеструкции в полиорганомикроядерном тесте на крысах. *Токсикологический вестник*. 2007; (1): 18–21. <https://elibrary.ru/kvcobl>
39. Силицына О.О., Жолдакова З.И., Полякова Е.Е., Головач Е.Н., Сычева Л.П., Беляева Н.И. и др. Сравнительная токсичность фотосенсибилизаторов при разной степени деструкции. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(5): 57–60. <https://elibrary.ru/ibnywb>
40. Мамонов Р.А. *Гигиеническая оценка комбинированного действия компонентов бинарной смеси на примере препарата, состоящего из полигексаметиленгуанидина и алкилдиметилбензиламмоний хлорида*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2010. <https://elibrary.ru/zobyfp>
41. Силицына О.О., Мамонов Р.А., Одинцов Е.Е., Беляева Н.Н. Препарат «Дезавид», Комбинированное действие полигексаметиленгуанидина гидрохлорида и алкилбензиламмоний хлорида. *Токсикологический вестник*. 2009; (5): 39–40.
42. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В., Силицына О.О., Мамонов Р.А. Принципы гигиенической оценки комбинированного действия веществ, входящих в смеси постоянного состава. *Дезинфекция. Антисептика*. 2010; 1(4): 52–60. <https://elibrary.ru/ocbmdh>
43. Мамонов Р.А., Жолдакова З.И., Силицына О.О., Юдин С.М., Печникова И.А. Комплекс критериев опасности для совершенствования перечня гигиенических нормативов химических веществ в воде. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1099–102. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1099-1102> <https://elibrary.ru/yobwyv>
44. Жолдакова З.И., Хренова И.А., Силицына О.О., Тульская Е.А., Беляева Н.Н., Мамонов Р.А. и др. Сравнительная оценка безопасности и эффективности хлорпроизводных циануровой кислоты как средств обеззараживания воды. *Дезинфекционное дело*. 2012; (2): 17–22. <https://elibrary.ru/oyqmzx>
45. Печникова И.А., Силицына О.О., Жолдакова З.И., Мамонов Р.А. Сравнительная оценка токсичности и опасности сим-триазинов в воде на примере производных циануровой кислоты и меламин. В кн.: *Окружающая среда и здоровье Гигиена и экология урбанизированных территорий Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых и специалистов, посвященной 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им АН Сытина» Минздрава России*. М.; 2016: 361–6. <https://elibrary.ru/wpnvuj>
46. Печникова И.А. *Сравнительная оценка токсичности и опасности сим-триазинов в воде на примере производных циануровой кислоты и меламин*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2013. <https://elibrary.ru/wpnvuj>
47. Манаева Е.С., Жолдакова З.И., Мамонов Р.А., Беляева Н.И., Голландцева А.И. Обоснование оптимального перечня контролируемых показателей для обеспечения безопасного водопользования населения на примере реки Москвы. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1363–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1363-1369> <https://elibrary.ru/ocptsk>
48. Красовский Г.Н., Егорова Н.А. Гармонизация гигиенических нормативов с зарубежными требованиями к качеству питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2005; 84(2): 10–3. <https://elibrary.ru/ojncdx>
49. 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 Российской академии медицинских наук*. 2006; (4): 32–6. <https://elibrary.ru/hsynfh>
50. 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. <https://elibrary.ru/qbgwjz>
51. Силицына О.О., Хамидулина 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> <https://elibrary.ru/erbcbb>
52. Федотова Л.А., Манаева Е.С., Сутункова М.П. О формировании и развитии системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды). *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(12): 766–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-766-773> <https://elibrary.ru/obbkgs>

References

1. Sinitsyna O.O., Kuznetsova O.V., Turbinskii V.V., Pushkareva M.V. Harmonization of hygienic standardization of chemicals in water by a general sanitary harmful index. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(1): 81–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-1-81-86> <https://elibrary.ru/tkmgdb> (in Russian)
2. Bashtan F.A., Nesmeyanov P.A., Chistyakov T.K. *Permissible Concentrations of Toxic Substances in Water Bodies [Dopustimye kontsentratsii yadovitykh veshchestv v vodoemakh]*. Leningrad; 1941. (in Russian)
3. Cherkinskii S.N. Hygienic regulation in the field of sanitary protection of water bodies. In: *XIII All-Union Congress of Hygienists, Epidemiologists, Microbiologists, and Infectiologists [XIII Vsesoyuznyi s'ezd gigenistov epidemiologov, mikrobiologov i infektsionistov]*. Leningrad; 1959. (in Russian)
4. Cherkinskii S.N. *Sanitary Protection of Water Bodies from Industrial Wastewater Pollution: (Experimental Studies). Volume 1 [Sanitarnaya okhrana vodoemov ot zagryazneniya promyshlennymi stochnymi vodami: (eksperimental'nye issledovaniya). Vypusk 1]*. Moscow; 1949. (in Russian)
5. Cherkinskii S.N., Belyaev I.I., Gabovich R.D. *Guidance on water supply hygiene [Rukovodstvo po gigiene vodosnabzheniya]*. Moscow: Meditsina; 1975. (in Russian)
6. Krasovskii G.H., Zholdakova Z.I. Experience in improving the organizational activities of the “Water Hygiene and Sanitary Protection of Water Bodies” section of the Problem Commission of the USSR Academy of Medical Sciences. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1982; 61(9): 48–51. <https://elibrary.ru/wzrsgv> (in Russian)
7. *Guide to Drinking Water Quality Control. Hygienic Criteria and Other Relevant Information. Volume 2 [Rukovodstvo po kontrolyu kachestva pit'evoi vody. Gigenicheskie kriterii i drugaya relevantnaya informatsiya. Perevod s angliiskogo]*. Moscow: Meditsina; 1987. (in Russian)
8. *Hygienic Assessment of Harmful Substances in Water. Experience of Cooperation between CMEA Member Countries [Gigenicheskaya otsenka vrednykh veshchestv v vode. Opyt sotrudnichestva stran – chlenov SEV]*. Moscow: CMEA Secretariat; 1987. (in Russian)
9. Krasovskii G.N., Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A. *Extrapolation of Toxicological Data from Animals to Humans [Ekstrapolyatsiya toksikologicheskikh dannykh s zhivotnykh na cheloveka]*. Moscow: Meditsina; 2009. (in Russian)
10. Krasovskii G.H., Vatman Ya.I., Vitvitskaya B.R., Zholdakova Z.I., Zaitseva N.V., Korolev A.A., et al. Increasing the efficiency of research to substantiate the maximum allowable concentrations of substances in water based on a staged standardization scheme. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1983; 62(6): 24–7. <https://elibrary.ru/wboeab> (in Russian)
11. Sidorenko G.I., Krasovskii G.N., Zholdakova Z.I. On ways to increase the efficiency of research on hygienic regulation of harmful substances in water. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1979; 58(7): 18–24. <https://elibrary.ru/wboecb> (in Russian)
12. Krasovskii G.H., Shafirov Yu.B., Zholdakova I.I., Vaisman Ya.I., Zaitseva N.V. Methodological scheme for the hygienic assessment of chemicals in water depending on the stages of technological development. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1980; 59(8): 39–43. <https://elibrary.ru/vzpdf> (in Russian)
13. Krasovskii G.N., Zholdakova Z.I., Peshkov A.S., Kokh R., Shtrobel K., Dura D., et al. Express-experimental methods for predicting the toxicity of substances in water based on the scheme of phased standardization. In: *Hygienic Assessment of Harmful Substances in Water: Experience of Cooperation among CMEA Member Countries [Gigenicheskaya otsenka vrednykh veshchestv v vode: opyt sotrudnichestva stran–chlenov SEV]*. Moscow; 1987: 137–45. (in Russian)
14. Zholdakova Z.I. Prediction of the toxicity of substances in water based on the structure – activity relationship. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1987; 66(7): 11–5. <https://elibrary.ru/xasimx> (in Russian)
15. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Polyakova E.E. The problem of stability and transformation in complex hygienic regulation of chemicals. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2002; 81(6): 73–7. (in Russian)
16. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V. Prediction of the danger of substances based on the structure – biotransformation – activity relationship. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*. 2004; 48(2): 16–24. (in Russian)
17. Krasovskii G.H., Zholdakova Z.I., Sanotskii I.V. Methodological foundations for standardizing substances in water and air considering long-term effects. In: *Collection of Scientific Works «Hygienic Problems of Carcinogenic and Mutagenic Effects of Environmental Factors» [Sbornik nauchnykh trudov «Gigenicheskie problemy kantserogennogo i mutagenogo deistviya faktorov okruzhayushchei sredy»]*. Moscow: Ministry of Health of the USSR. 1985; 104–16. (in Russian)

18. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V., Kustova E.V., Sinitsyna O.O. Prediction of toxicity and danger in the problem of unified environmental and hygienic regulation of substances in the environment. *Ekologiya cheloveka*. 1996; (3): 16. (in Russian)
19. Kharchevnikova N.V. *Scientific basis for predicting the toxicity and danger of chemicals, taking into account the mechanism of toxic action*: Diss. Moscow; 2011. <https://elibrary.ru/qflwyv> (in Russian)
20. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V. A comprehensive system for predicting the toxicity and danger of substances based on the use of structure – biotransformation – toxicity relationships. *Toksikologicheskii vestnik*. 2013; 5(122): 33–7. (in Russian)
21. Sinitsyna O.O. *Hygienic assessment of the danger of emergency water pollution with unstable compounds using the example of acetone cyanohydrin and its transformation products*: Diss. Moscow; 1994. (in Russian)
22. Zholdakova Z.I., Mukhambetova L.X., Shekhter O.V., Sinitsyna O.O. Comparative assessment of the transformation processes of acetone cyanohydrin in the water of a model reservoir and in the body of laboratory animals. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1993; 72(12): 12–4. <https://elibrary.ru/vvczaz> (in Russian)
23. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Prismotrov Yu.A. Hygienic assessment of transformation processes of acetone cyanohydrin in an aquatic environment. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1994; 73(8): 18–20. <https://elibrary.ru/vvdzcz> (in Russian)
24. Kustova E.V. *Hygienic assessment of the biological effects of polychlorinated biphenyl substitutes*: Diss. Moscow; 1994. <https://elibrary.ru/zlaodv> (in Russian)
25. Zholdakova Z.I., Kustova E.V., Khamidulina Kh.Kh. Toxicological and hygienic assessment of PCB substitutes. In: *Medical Aspects of Environmental Protection [Meditsinskii aspekty okhrany okruzhayushchei sredy]*. Moscow; 1991: 69–70. (in Russian)
26. Sinitsyna O.O. *Scientific basis of the system of regional regulation of chemicals in the environment, taking into account the complex effect on the body*: Diss. Moscow; 2004. <https://elibrary.ru/npwjsr> (in Russian)
27. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O. Unified approaches to assessing the toxicity and danger of chemicals entering the body with air, water and food. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*. 2004; 48(2): 25–33. (in Russian)
28. Polyakova E.E. *Comparative hygienic assessment of the hazards of substances of industrial origin and their transformation products formed during water disinfection*: Diss. Moscow; 2002. <https://elibrary.ru/nhgxup> (in Russian)
29. Zholdakova Z.I., Polyakova Ye.Ye., Lebedev A.T. Comparative evaluation of health hazards associated with industrial chemicals and their derivatives forming during water chlorination. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (4): 17–22. <https://elibrary.ru/hsyned> (in Russian)
30. Tulskaia E.A. *Comparative hygienic assessment of polyelectrolytes used in public water supply practice*: Diss. Moscow; 2004. <https://elibrary.ru/nofcft> (in Russian)
31. Tul'skaya E.A. Hygienic aspects of the use of high-molecular flocculants for drinking water purification. *RET-info (RAT-Info)*. 2005; (1): 28–31. <https://elibrary.ru/minvdr> (in Russian)
32. Tul'skaya E.A. Hygienic principles of sanitary-epidemiological supervision over the use of synthetic polyelectrolytes for drinking water purification. In: *Results and prospects of scientific research on human ecology and environmental hygiene: Collection of works of the Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene [Itogi i perspektivy nauchnykh issledovaniy po probleme ekologii cheloveka i gigieny okruzhayushchei sredy: Sbornik trudov NII ECh i GOS]*. Moscow; 2002: 248–53. (in Russian)
33. Zholdakova Z.I., Karamzin K.B., Tul'skaya E.A., Sinitsyna O.O., Belyaeva N.N., Kharchevnikova N.V. New information on the toxicity and hazards of chemical and biological substances: oxyethylidene diphosphonic acid (OHEDPA). *Toksikologicheskii vestnik*. 2003; (1): 48–9. <https://elibrary.ru/vvddth> (in Russian)
34. Karamzin K.B. *Comparative assessment of the toxicity and danger of reagents used in hot water supply systems*: Diss. Moscow; 2007. <https://elibrary.ru/njlotx> (in Russian)
35. Odintsov E.E. *Development of methodological recommendations for the hygienic assessment of chemical disinfectants for swimming pool water using the example of polyalkylguanidines*: Diss. Moscow; 2007. (in Russian)
36. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Tulskaia Ye.A., Odintsov Ye.Ye. Hygienic standards of chemicals for water sterilization in the swimming pools. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(5): 76–80. <https://elibrary.ru/ibnyzn> (in Russian)
37. Golovach E.N. *Comparative hygienic assessment of photosensitizers and their phototransformation products using the example of methylene blue and cholinomethyl-substituted zinc phthalocyanine*: Diss. Moscow; 2009. <https://elibrary.ru/nqqsfv> (in Russian)
38. Sychyova L.P., Sheremetyeva S.M., Krivtsova Ye.K., Zhurkov V.S., Golovach Ye.N., Polyakova Ye.Ye., et al. Assessment of cytogenetic activity of methylene blue and products of its photo decomposition in a polyorganic micronuclear assay on rats. *Toksikologicheskii vestnik*. 2007; (1): 18–21. <https://elibrary.ru/kvcobl> (in Russian)
39. Sinitsyna O.O., Zholdakova Z.I., Polyakova Ye.Ye., Golovach Ye.N., Sycheva L.P., Belyaeva N., et al. Comparative toxicity of photosensitizers in varying destruction. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(5): 57–60. <https://elibrary.ru/ibnywb> (in Russian)
40. Mamonov R.A. *Hygienic assessment of the combined effect of the components of a binary mixture using the example of a preparation consisting of polyhexamethylene guanidine and alkylidimethylbenzylammonium chloride*: Diss. Moscow; 2010. <https://elibrary.ru/zobyfp> (in Russian)
41. Sinitsyna O.O., Mamonov R.A., Odintsov E.E., Belyaeva N.N. Drug “Dezavid”, Combined action of polyhexamethylene guanidine hydrochloride and alkylbenzylidylammonium chloride. *Toksikologicheskii vestnik*. 2009; (5): 39–40. (in Russian)
42. Zholdakova Z.I., Kharchevnikova N.V., Sinitsyna O.O., Mamonov R.A. Principles of hygienic assessment of the combined effect of substances included in mixtures of constant composition. *Dezinfektsiya. Antiseptika*. 2010; 1(4): 52–60. <https://elibrary.ru/ocbmhdh> (in Russian)
43. Mamonov R.A., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Yudin S.M., Pechnikova I.A. Complex of hazard criteria for improvement of hygienic standards list of chemicals in water. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(11): 1099–102. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1099-1102> <https://elibrary.ru/yobwvy> (in Russian)
44. Zholdakova Z.I., Khrenova I.A., Sinitsyna O.O., Tul'skaya E.A., Belyaeva N.N., Mamonov R.A., et al. Comparative evaluation of safety and efficiency chlorinated cyanuric acid as water disinfectants. *Dezinfektsionnoe delo*. 2012; (2): 17–22. <https://elibrary.ru/oyqmxz> (in Russian)
45. Pechnikova I.A., Sinitsyna O.O., Zholdakova Z.I., Mamonov R.A. Comparative assessment of the toxicity and danger of sym-triazines in water using derivatives of cyanuric acid and melamine as examples. In: *Environment and health. Hygiene and ecology of urbanized areas. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation of Young Scientists and Specialists, Dedicated to the 85th Anniversary of the FSBI «Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene Named after AN Sysin» of the Ministry of Health of Russia [Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e Gigiena i ekologiya urbanizirovannykh territorii Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoi 85-letiyu FGBU «NII ECh i GOS im AN Sysina» Minzdrava Rossi]. Moscow; 2016: 361–6. <https://elibrary.ru/wpnvvy> (in Russian)*
46. Pechnikova I.A. *Comparative assessment of the toxicity and danger of sim-triazines in water using the example of cyanuric acid and melamine derivatives*: Diss. Moscow; 2013. <https://elibrary.ru/wpnvvy> (in Russian)
47. Manaeva E.S., Zholdakova Z.I., Mamonov R.A., Belyaeva N.I., Gollandtseva A.I. Verification of an optimal list of monitored indices to provide safe water use on the example of the Moscow River. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(12): 1363–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1363-1369> <https://elibrary.ru/ocptsk> (in Russian)
48. Krasovsky G.N., Yegorova N.A. Harmonization of hygienic standards with the foreign requirements for the quality of drinking water. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2005; 84(2): 10–3. <https://elibrary.ru/ojnqex> (in Russian)
49. Krasovsky G.N., Yegorova N.A., Bykov I.I. Methodology of harmonizing hygienic standards for water substances, and its application to improving sanitary water legislation. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (4): 32–6. <https://elibrary.ru/hsynfh> (in Russian)
50. Rakhmanin Yu.A., Krasovskii G.H., Egorova N.A., Mikhailova R.I. Harmonization of hygienic standards for chemical substances in water. Methods of conformity assessment. *Metody otsenki sootvetstviya*. 2013; (4): 14–8. <https://elibrary.ru/qbgwjz> (in Russian)
51. Sinitsyna O.O., Khamidulina Kh.Kh., Turbinsky V.V., Trukhina G.M., Bashketova N.S., Gildenskiold O.A., et al. Hygienic regulation of various water types at the present stage. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1151–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1151-1157> <https://elibrary.ru/erbcbg> (in Russian)
52. Fedotova L.A., Manaeva E.S., Sutunkova M.P. On the formation and development of the state environmental monitoring system (state environmental monitoring). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(12): 766–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-766-773> <https://elibrary.ru/obbkgs> (in Russian)

Сведения об авторах

Мамонов Роман Александрович, канд. мед. наук, начальник отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований, ФГБУ «ЦСП» ФМБА, 119121, Москва, Россия. E-mail: RMamonov@cspmz.ru

Лебедь-Шарлевич Яна Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА, 119121, Москва, Россия. E-mail: YaSharlevich@cspmz.ru

Мамаева Елизавета Сергеевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд.ла профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА, 119121, Москва, Россия. E-mail: EManaeva@cspmz.ru

Печникова Ирина Александровна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА, 119121, Москва, Россия. E-mail: IPechnikova@cspmz.ru

Синицына Оксана Олеговна, доктор мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, зам. директора по научной работе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru

Information about the authors

Roman A. Mamonov, PhD (Medicine), head of the Department of Preventive Toxicology and Biomedical Research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6540-6015> E-mail: RMamonov@cspmz.ru

Yana I. Lebed-Sharlevich, PhD (Biology), Senior Researcher at the Department of Preventive Toxicology and Biomedical Research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4249-1093> E-mail: YaSharlevich@cspmz.ru

Elizaveta S. Manaeva, PhD (Biology), senior researcher at the Department of Preventive Toxicology and Biomedical Research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1048-6342> E-mail: EManaeva@cspfmba.ru

Irina A. Pechnikova, PhD (Medicine), leading researcher at the Department of Preventive Toxicology and Biomedical Research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1927-7432> E-mail: IPechnikova@cspmz.ru

Oksana O. Sinitsyna, DSc (Medicine), professor, corresponding member of the RAS, Deputy Director for Scientific Work, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytisch, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0241-0690> E-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru
