

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55>

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Обзор

Тихомирова В.В.¹, Смирнова П.С.²*

¹ORCID : 0000-0002-4222-0904;

²ORCID : 0000-0002-8097-3210;

^{1,2}Владимирский государственный университет, Владимир, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (poliinchik888[at]gmail.com)

Аннотация

Проблема очистки поверхностных и сточных вод от тяжелых металлов является достаточно острой и актуальной для нашей страны. Тяжелые металлы, оставаясь токсичными даже в следовых количествах, оказывают негативное влияние на водные объекты и организм человека. Неочищенные стоки приводят к большой степени загрязненности водоемов и водотоков Российской Федерации тяжелыми металлами, в наибольшей степени свинцом и ртутью. Предотвратить дальнейшее загрязнение и сохранить водные экосистемы нашей страны позволят такие меры, как внедрение водосберегающих технологий и бессточных систем водоснабжения, строительство и модернизация высокоэффективных очистных сооружений с широким внедрением новых методов очистки сточных вод.

Ключевые слова: поверхностные воды, сточные воды, уровень загрязнения, тяжелые металлы, влияние на организм, методы очистки.

POLLUTION OF SURFACE AND WASTEWATER OF THE RUSSIAN FEDERATION WITH HEAVY METALS

Review article

Tikhomirova V.V.¹, Smirnova P.S.²*

¹ORCID : 0000-0002-4222-0904;

²ORCID : 0000-0002-8097-3210;

^{1,2}Vladimir state university, Vladimir, Russian Federation

* Corresponding author (poliinchik888[at]gmail.com)

Abstract

The problem of purification of surface and waste water from heavy metals is quite pressing and urgent for our country. Heavy metals, remaining toxic even in trace amounts, have a negative impact on water bodies and human body. Untreated wastewater leads to a high degree of pollution of water bodies and waterways of the Russian Federation with heavy metals, most of all lead and quicksilver. Such measures as introduction of water-saving technologies and zero-drainage water supply systems, construction and modernization of highly efficient treatment facilities with wide implementation of new methods of wastewater treatment will help to prevent further pollution and preserve aquatic ecosystems of our country.

Keywords: surface waters, wastewater, pollution levels, heavy metals, effects on the body, purification methods.

Введение

При современных масштабах антропогенного воздействия на биосферу качество поверхностных вод определяется не только функционированием естественных экологических систем, но и деятельностью человека.

Помимо органических веществ, наиболее распространенными загрязнителями поверхностных и сточных вод Российской Федерации являются соединения тяжелых металлов.

Помимо органических веществ, наиболее распространенными загрязнителями поверхностных вод Российской Федерации являются соединения таких тяжелых металлов, как свинец, ртуть, цинк и др. Водоемы и водотоки страны испытывают значительную антропогенную нагрузку, которая выражается в поступлении загрязненных сточных вод из различных источников [1]. Тяжелые металлы, оставаясь токсичными даже в следовых количествах, оказывают негативное влияние на водные экосистемы и организм человека. Таким образом, проблема очистки поверхностных и сточных вод от тяжелых металлов является достаточно острой и актуальной для нашей страны.

Целью данной работы является обобщение данных из открытых источников по загрязнению поверхностных и сточных вод Российской Федерации тяжелыми металлами, оценка статистических данных по уровню загрязнений и выработка предложений по очистке воды и защите окружающей среды.

Влияние загрязнения поверхностных и сточных вод тяжелыми металлами на человека и окружающую среду

Здоровье населения Российской Федерации в значительной степени зависит от качества используемых водных ресурсов. Многие заболевания могут быть вызваны длительным употреблением антисанитарной воды [2]. Загрязнению водных объектов в значительной степени способствуют сбросы в водные объекты неочищенных сточных вод, которые возникают в результате деятельности предприятий и хозяйственной деятельности человека.

Серьезной экологической проблемой является загрязнение вод тяжелыми металлами. Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83, большинство из них относится к 1 классу опасности [3]. В природных водах тяжелые металлы не разрушаются, а лишь перераспределяются между составляющими водоемов, изменяя их форму [2]. Соединяясь с биомолекулами (белками, липидами и др.), они образуют комплексные соединения [4]. Из водных систем тяжелые металлы могут включаться в круговорот веществ и мигрировать по трофическим цепям в организм человека при употреблении в пищу рыбных и мясных продуктов.

Большинство тяжелых металлов являются микроэлементами, обеспечивающими протекание ряда биохимических процессов в организме человека. Однако чрезмерное его накопление может привести к нарушению обмена веществ. При кумулятивном действии металлы могут обладать канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами [5].

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами приводит к увеличению заболеваемости населения хроническими дерматозами, экземами, атипичными дерматитами и токсидермами. Выявлено пагубное влияние тяжелых металлов на функциональное состояние щитовидной железы [2]. Длительное воздействие свинца и ртути может ухудшить память и вербальные навыки. Свинец также нарушает репродуктивную функцию и влияет на сердечно-сосудистую систему. Высокие дозы кадмия снижают адсорбцию кальция костной тканью, что приводит к переломам костей. Систематическое всасывание цинка в организме приводит к воспалительным процессам в легких и бронхах, нарушению углеводного обмена. Медь вызывает расстройства нервной системы, печени, почек и снижение иммунитета [5].

Уровень загрязнения поверхностных и сточных вод тяжелыми металлами в Российской Федерации

По известным оценкам в наиболее часто и в наибольших концентрациях в поверхностных и сточных водах Российской Федерации содержатся такие тяжелые металлы, как медь, цинк, хром, никель, марганец, кадмий и ртуть [6], [7], [8].

По статистическим данным, в 2020 году фоновое содержание ртути, свинца, кадмия в поверхностных водах Российской Федерации соответствовало диапазонам значений, наблюдаемым в последние годы, и равняется 0,21-0,67 мкг/л по ртути, 0,28-1,62 мкг/л по свинцу и 0,02-3,0 мкг/л по кадмию [6].

Наиболее распространенными тяжелыми металлами в водных объектах на границе Российской Федерации являлись медь, цинк, никель и марганец. Наиболее загрязненными оказались участки рек на границе с Норвегией, Украиной, Казахстаном и Китаем. В 2016-2020 гг. максимальное количество соединений меди, цинка и хрома поступило на территорию Российской Федерации со стоком реки Иртыш, соединений никеля - со стоком реки Ишим. При этом экологическое состояние биоценозов в пресноводных и морских акваториях Российской Федерации сохраняется на стабильном уровне [6].

Однако анализ показателей качества поверхностных вод в водосборах крупных рек показывает, что воды страны по-прежнему испытывают значительное антропогенное воздействие, выражающееся в поступлении в них недостаточно очищенных сточных вод из различных источников [7]. По данным статистики, в наибольшем объеме в водоемы Российской Федерации со сточными водами попадают свинец и ртуть (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Сброс тяжелых металлов со сточными водами в водоемы [8]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55.1>

Показатель	2018 год	2019 год	2020 год
Объем сброса сточных вод, млрд. м ³	40,1	37,7	34,2
в составе сточных вод сброшено:	-	-	-
свинца, т	4,2	5,0	5,3
ртути и ее соединений, т	0,01	0,01	0,01

Существенное пагубное влияние на водные экосистемы оказывают предприятия нефтедобывающей, целлюлозно-бумажной и горнодобывающей отраслей промышленности [2], [9].

Пути решения проблемы загрязнения поверхностных и сточных вод тяжелыми металлами

В рамках реализации федеральных проектов национального проекта «Экология» планируется снизить уровень загрязнения, вдвое сократить выбросы загрязнителей, ликвидировать самые опасные объекты накопленного загрязнения окружающей среды, улучшить экологическое восстановление водных объектов, создать устойчивую систему обращения с бытовыми отходами и вдвое сократить объем отходов, направляемых на захоронение [10].

В структуре расходов на охрану окружающей среды в Российской Федерации мероприятия по сбору и очистке сточных вод составляют почти треть от общего объема (см. рисунок 1).



Рисунок 1 - Структура расходов на охрану окружающей среды в 2019 году [8]
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55.2>

Для защиты и восстановления водных объектов Российской Федерации, по мнению В.В. Круглова, требуется прекратить сброс неочищенных или минимально очищенных сточных вод промышленными предприятиями; внедрение водосберегающих технологий и бессточных систем водоснабжения, строительство и модернизация высокоэффективных очистных сооружений с широким внедрением новых методов очистки сточных вод [11].

На сегодняшний день помимо традиционных механических, химических, физико-химических методов разработан ряд современных и эффективных методов очистки сточных вод, позволяющих осуществлять селективное извлечение и рециклинг тяжелых металлов.

Так, например, Ю.Н. Петухова с соавторами предложила в качестве сорбента для очистки от ионов тяжелых металлов использовать органические отходы [12]. Д.А. Власенко разработала новый сорбент на основе лигнина и винилиденхлорида [13]. Сотрудниками ООО «Биозкопром» разработаны экологически безопасные биомодули на основе иммобилизованных микроорганизмов, микроводорослей и растительности, позволяющие производить самоочищение и восстановление показателей качества природных вод [14]. И.Н. Лыков и Р.А. Гаранин предложили повышать степень очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью биомассы дрожжей [15]. Значительное количество исследований свидетельствует об эффективности применения сульфидогенных микроорганизмов для биоремедиации сточных вод от тяжелых металлов [16].

Заключение

В результате анализа представленных данных можно сделать вывод, что главной причиной загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами является антропогенное воздействие, обусловленное поступлением сточных вод промышленных предприятий и коммунальных хозяйств. На основе предлагаемых и регламентируемых на законодательном уровне мероприятий в качестве наиболее эффективных и действенных можно, с одной стороны, выделить создание замкнутых производственных циклов с использованием оборотной воды, развитие и внедрение водосберегающих и малоотходных технологий для снижения антропогенной нагрузки на поверхностные и сточные воды. С другой стороны, необходимо создание новых и совершенствование существующих физико-химических методов очистки воды от тяжелых металлов, в первую очередь развитие низкочастотных и более экологичных органических сорбентов и биологических методов очистки с повышенной эффективностью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Красненко А.С., ГКУ ЯНАО "Научный центр изучения Арктики", Надым, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Красненко А.С., Arctic Research Center, Nadym, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55.3>

Список литературы / References

1. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2019. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2020. – 578 с.
2. Бактыбаева З.Б. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения поверхностных и подземных вод в Зауралье республики Башкортостан. / З.Б. Бактыбаева, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев и др. // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 7 (292). – с. 14-17.
3. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Введ. 1985-01-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 3 с.
4. Сафронова Л.А. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий. / Л.А. Сафронова, А.А. Шаламанова // Экологические проблемы промышленных городов / под ред. Тихомирова И.Е. – Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2013. – с. 89-92.
5. Разумкова Г.М. Влияние хозяйственной деятельности человека на экологическое состояние водных ресурсов, почвы региона и России. / Г.М. Разумкова // XVII Вишняковские чтения. Вузовская наука: условия эффективности

социально-экономического и культурного развития региона. материалы международной научной конференции; – Санкт-Петербург; Бокситогорск: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2014. – с. 174-177.

6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2021 год / отв. ред. Г.М. Черногаева. – М.: Росгидромет, 2022. – 220 с.

7. Ефимов В.И. Производство и окружающая среда / В.И. Ефимов, Л.В. Рыбак – М.: МГГУ, 2012. – 336 с.

8. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2021. – 109 с.

9. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждены Указом Президента РФ от 30 апреля 2012 года. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129117/ (дата обращения: 08.09.2022).

10. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474. О Национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 08.09.2022).

11. Круглов В.В. Экологическая характеристика и особенности воздействия предприятий различных отраслей промышленности на окружающую среду (организационно-правовые вопросы). / В.В. Круглов // Бизнес, менеджмент и право. – 2012. – № 2(26). – с. 69-72.

12. Петухова Ю.Н. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбентов. / Ю.Н. Петухова, С.И. Ильина, А.В. Фурсенко и др. // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2019. – № 7(64). – с. 51-54.

13. Власенко Д.А. Новый тип сорбента на основе лигнина и винилиденхлорида для очистки сточных вод от соединений тяжелых металлов / Д.А. Власенко // Химия и химическая технология в XXI веке. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – с. 455-456.

14. Пат. 2758690 Russian Federation, МПК2020132586 C02F 3/08, C02F 3/14, C02F 3/32, C02F 3/34, C02F 11/02. Способ комплексной очистки сложных многокомпонентных сточных вод / Янкевич М.И., Хадеева В.В., Афти И.А. и др.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Биоэкопром». – № 2020132586; заявл. 2020-10-02; опубл. 2021-11-01, – 8 с.

15. Пат. 2758690 Russian Federation, МПК2020132586 C02F 3/08, C02F 3/14, C02F 3/32, C02F 3/34, C02F 11/02. Способ комплексной очистки сложных многокомпонентных сточных вод / Янкевич М.И., Хадеева В.В., Афти И.А. и др.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Биоэкопром». – № 2020132586; заявл. 2020-10-02; опубл. 2021-11-01, – 8 с.

16. Булаев А.Г. Биотехнологические методы очистки сточных вод цветной металлургии. / А.Г. Булаев, Н.В. Пименов // Биотехнология. – 2015. – № 3. – с. 8-29.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kachestvo poverhnostnyh vod Rossijskoj Federacii. Ezhegodnik [The quality of surface waters of the Russian Federation. Yearbook]. 2019. – Rostov-on-Don, 2020. – 578 p. [in Russian]

2. Bakty'baeva Z.B. E'kologo-gigienicheskaya ocenka zagryazneniya poverxnostny'x i podzemny'x vod v Zaural'e respubliki Bashkortostan [Ecological and hygienic assessment of pollution of surface and underground waters in the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan]. / Z.B. Bakty'baeva, R.A. Sulejmanov, T.K. Valeev et al. // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Population health and habitat]. – 2017. – № 7 (292). – p. 14-17. [in Russian]

3. GOST 17.4.1.02-83. Oхрана prirody'. Pochvy'. Klassifikaciya ximicheskix veshhestv dlya kontrolya zagryazneniya [GOST 17.4.1.02-83. Nature protection. Soil. Classification of chemicals for pollution control]. – Introduced 1985-01-01. – М.: Standartinform, 2005. – 3 p. [in Russian]

4. Safronova L.A. Problemi ochistki stochnikh vod promishlennikh predpriyatii [Problems of wastewater treatment of industrial enterprises. Environmental problems of industrial cities]. / L.A. Safronova, A.A. Shalamanova // Jekologicheskie problemy promyshlennyh gorodov [Environmental problems of industrial cities] / ed. by Tikhomirova I.E. – Saratov : Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 2013. – p. 89-92. [in Russian]

5. Razumkova G.M. Vliyanie xozyajstvennoj deyatel'nosti cheloveka na e'kologicheskoe sostoyanie vodny'x resursov, pochvy' regiona i Rossii [The influence of human economic activity on the ecological state of water resources, soil of the region and Russia]. / G.M. Razumkova // XVII Vishnyakov's readings. University science: conditions for the effectiveness of socio-economic and cultural development of the region. Materials of the international scientific conference; – Sankt-Peterburg; Boksitogorsk: LGU im. A. S. Pushkina, 2014. – p. 174-177. [in Russian]

6. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchej sredy v Rossijskoj Federacii za 2021 god [Overview of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2021] / responsible ed. G.M. Chernogaeva. – М.: Rosgidromet, 2022. – 220 p. [in Russian]

7. Efimov V.I. Proizvodstvo i okruzhayushchaya sreda [Production and environment] / V.I. Efimov, L.V. Ry'bak – М.: MGGU, 2012. – 336 p. [in Russian]

8. Osnovnye pokazateli ohrany okruzhayushchej sredy. Statisticheskij byulleten' [The main indicators of environmental protection. Statistical Bulletin]. – М.: Federal State Statistics Service, 2021. – 109 p. [in Russian]

9. Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda. Utverzhdeny Ukazom Prezidenta RF ot 30 aprelya 2012 goda [Fundamentals of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period up to 2030.]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129117/ (accessed: 08.09.2022). [in Russian]

10. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21 iyulya 2020 g. № 474. O Nacional'nyh celyah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Decree of the President of the Russian Federation No. 474 dated July 21, 2020. On the

National Development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030.]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (accessed: 08.09.2022). [in Russian]

11. Kruglov V.V. E'kologicheskaya karakteristika i osobennosti vozdejstviya predpriyatij razlichny'x otraslej promyshlennosti na okruzhayushhuyu sredu (organizacionno-pravovye voprosy') [Ecological characteristics and features of the impact of enterprises of various industries on the environment (organizational and legal issues)]. / V.V. Kruglov // *Biznes, menedzhment i pravo* [Business, management and law]. – 2012. – № 2(26). – p. 69-72. [in Russian]

12. Petuxova Yu.N. Ochistka stochny'x vod ot ionov tyazhely'x metallov s pomoshh'yu sorbentov [Wastewater treatment from heavy metal ions using sorbents]. / Yu.N. Petuxova, S.I. Il'ina, A.V. Fursenko et al. // *Evrazijskij Soyuz Ucheny'x (ESU) [Eurasian Union of Scientists (ESU)]*. – 2019. – № 7(64). – p. 51-54. [in Russian]

13. Vlasenko D.A. Novii tip sorbenta na osnove lignina i vinilidenkhlorida dlya ochistki stochnikh vod ot soedinenii tyazhelikh metallov [A new type of sorbent based on lignin and vinylidene chloride for wastewater treatment from heavy metal compounds] / D.A. Vlasenko // *Chemistry and chemical technology in the XXI century [Chemistry and chemical technology in the XXI century]*. – Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2019. – p. 455-456. [in Russian]

14. Pat. 2758690 Russian Federation, МПК2020132586 C02F 3/08, C02F 3/14, C02F 3/32, C02F 3/34, C02F 11/02. Sposob kompleksnoj ochistki slozhny'x mnogokomponentny'x stochny'x vod [Method of complex treatment of complex multicomponent wastewater] / Янкевич М.И., Хадеева В.В., Афти И.А. и др.; the applicant and the patentee Limited Liability Company "Bioecoprom". – № 2020132586; appl. 2020-10-02; publ. 2021-11-01, – 8 p. [in Russian]

15. Pat. 2758690 Russian Federation, МПК2020132586 C02F 3/08, C02F 3/14, C02F 3/32, C02F 3/34, C02F 11/02. Sposob kompleksnoj ochistki slozhny'x mnogokomponentny'x stochny'x vod [Method of complex treatment of complex multicomponent wastewater] / Янкевич М.И., Хадеева В.В., Афти И.А. и др.; the applicant and the patentee Limited Liability Company "Bioecoprom". – № 2020132586; appl. 2020-10-02; publ. 2021-11-01, – 8 p. [in Russian]

16. Bulaev A.G. Biotexnologicheskie metody' ochistki stochny'x vod czvetnoj metallurgii [Biotechnological methods of wastewater treatment in non-ferrous metallurgy]. / A.G. Bulaev, N.V. Pimenov // *Biotexnologiya [Biotechnology]*. – 2015. – № 3. – p. 8-29. [in Russian]