

УДК 628.3

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ В НИХ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕДИ, ЦИНКА И НИКЕЛЯ

Алексеева Полина Владимировна
магистрант ИСИ СФУ

Курилина Татьяна Александровна
к.т.н., доцент, ИСИ СФУ

Журавлёв Алексей Сергеевич
магистрант ИСИ СФУ

Инженерно-строительный институт
Сибирского федерального университета

Ул. Пр-т Свободный, 82, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF SURFACE WATERS OF THE KRASNOYARSK TERRITORY BY THEIR CONTENT OF HEAVY METAL IONS OF COPPER, ZINC AND NICKEL

Polina Alekseeva Vladimirovna
Master's student of SFU ISI

Tatyana A. Kurili
Ph. D., Associate Professor, SFU ISI

Alexey Zhuravlev
Master's student of SFU ISI

Civil Engineering Institute of the Siberian Federal University,
82 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Аннотация. Представлены результаты изучения статистических данных по загрязнению поверхностных вод самых крупных водных объектов Красноярского края ионами тяжелых металлов меди, цинка и никеля. Приведена динамика изменения загрязнения водных объектов сбросами сточных вод за годы 2012-2019. Полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе для мотивации поиска способов интенсификации очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Annotation. The results of study of statistical data on contamination of surface waters of the largest water bodies of the Krasnoyarsk Territory with ions of heavy metals of copper, zinc and nickel are presented. Dynamics of change of pollution of water objects by waste-water discharges in years 2012-2019 is given. The obtained results can be used in a training process to motivate the search for methods of intensifying treatment of waste water from heavy metal ions.

Ключевые слова: поверхностные водные объекты; сбросы сточных вод; количественная и качественная оценка угроз загрязнения; характеристика загрязненности вод ионами меди, цинка и никеля; обзор

Keywords: surface water bodies; wastewater discharges; quantitative and qualitative assessment of pollution threats; characterization of water contamination with copper, zinc and nickel ions; overview

Введение

Масштабы сброса загрязненных сточных вод увеличиваются год от года, нанося окружающей среде непоправимые последствия. Актуальность выбранной темы обусловлена тяжелыми экологическими последствиями попадания ионов меди, цинка и никеля в окружающую среду (почву, воду), в живые организмы, в том числе человека и растения. Водное законодательство декларирует: «Государственная политика в сфере водоснабжения и водоотведения направлена на снижение негативного воздействия на водные объекты путем повышения качества очистки сточных вод».

Целью данной работы является количественная и качественная оценки угроз загрязнения ионами меди, цинка и никеля поверхностных вод Красноярского края. Ставилась задача изучить статистику и динамику загрязненности поверхностных водных объектов Красноярского края ионами тяжелых металлов меди, цинка и никеля, составить аналитический обзор современного состояния вод по характеристикам их загрязненности.

Материалы и методы исследования.

Материалы для обзора состояния поверхностных вод Красноярского края приводятся в открытом доступе, широко обсуждаются профессиональным сообществом в области водоснабжения и водоотведения и экологов.

Все показатели, воздействующие на окружающую среду публикуются в ежегодном открытом отчете Министерства экологии края [8, 9] и показывают все более тяжелую нагрузку на его экологию. В работе применен анализ литературных источников, систематизация данных, визуализация в виде таблиц и графиков.

Результаты работы и их обсуждение

Поверхностные водные объекты – это совокупность морей, водоемов, рек, болот и ледников. Поверхностные воды края имеют объем около 750 км³ в год. Наиболее многоводные реки – это Енисей, Обь, Пясино, Хатанга.

Самую большую долю поверхностных вод занимает бассейн реки Енисей (71%) с притоками, из которых наиболее крупные – это Ангара, Кан, Сым, Нижняя и Подкаменная Тунгуска. Доля притоков реки Оби (Чулым и Кеть) составляет 10%, доля бассейна Лены – 9%, реки Пясино – 5%, Хатанги – 5%

На территории края много больших и малых озер, прудов, есть 10 крупных рукотворных водохранилищ. [7, 9].

Для анализа загрязненности воды ионами тяжелых металлов меди и цинка выберем часть наиболее значимых водных объектов Красноярского края.

Для характеристики загрязненности воды рассмотрим значения таких объективных параметров как удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и повторяемость случаев превышения ПДК. Мониторинг загрязнения водных объектов ведет государственная наблюдательная сеть в соответствии с РД 52.04.567 – 2003 «Положение о государственной наблюдательной сети». Контролируется 37 водных объекта в 51 пункте контроля (ПК) в Красноярском крае. Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) рассчитывается в соответствии с РД 52.24.643-202 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Характеристику загрязненности вод дает ФГБУ «Среднесибирское УГМС».

После систематизации данных по количественным и качественным характеристикам загрязненности сибирских рек ионами меди и цинка, сведем их в таблицу 1

Таблица 1

Характеристики качества воды водных объектов

Поверхностные воды	Загрязненность ионами меди		Загрязненность ионами цинка		Динамика удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ)
	Значения повторяемости случаев превышения ПДК	Максимальные значения загрязнения	Значения повторяемости случаев превышения ПДК	Максимальные значения загрязнения	
р. Енисей 15 створов	«Характерная» (50,0–100,0 % превышений ПДК) – 13 створов; «Устойчивая» (33,3–41,7 % превышений ПДК) – 2 створа	9,5 – 27,5 ПДК	«Единичная» – «Характерная» (3,8–83,3 % превышений ПДК).	11,1 – 13,3 ПДК	В десяти створах качество воды соответствует 2 классу (слабо загрязненная) и 3 классу, разряды «а» – «б» (загрязненная – очень загрязненная), как и в 2018 году. В пяти створах качество ухудшилось на класс (загрязненная – очень загрязненная – грязная – очень загрязненная).
Красноярское водохранилище	«Характерная» по ионам меди (превышение ПДК 91,7%)	–	«Устойчивая» по ионам цинка (41,7 % превышений ПДК)	–	В 2019 г. Качество воды относится к 3 классу, разряд «а» (загрязненная) на уровне 2018 года.
Саяно-Шушенское	«Устойчивая» (44,4 %)	–	«Неустойчивая» (11,1–22,2 %)	–	

водохранилище 2 створа	превышений ПДК)		превышений ПДК)		
Р. Чулым 5 створов	«Характерная» (57,1–100 % превышений ПДК)	13,4 – 39 ПДК	В четырех створах «Устойчивая» (33,3–42,9 % превышений ПДК); в одном створе «Характерная» (58,3 % превышений ПДК	–	В двух створах 3 класс, разряд «а» (загрязненная); в одном створе 3 класс, разряд «б» (очень загрязненная), на уровне 2018 года; В одном створе качество воды ухудшилось с переходом в 3 класс, разряд «б» (очень загрязненная)
Р. Ангара 2 створа	«Устойчивая» – «Характерная» (33,3–85,7 % превышений ПДК	13,5 – 22,8 ПДК	«Характерная» (66,7–100 %)	2,2–2,3 ПДК	Относится к 3 классу, разряд «б» (очень загрязненная), на уровне 2018 года
Р. Кача 2 створа	«Характерная» (61,5–100 % превышений ПДК)	29,4 ПДК	«Характерная» (61,5–100 % превышений ПДК)	–	В 2019 г. Качество ухудшилось с переходом из «Грязная», 4 класс, разряд «а» (2018) в «Грязная», 4 класса, разряд «б»
Р. Мана 1 створ	«Характерная» (57,1–100 %)	11,3 ПДК	–	–	Относится к 3 классу, разряд «а» (загрязненная)
Река Кан 4 створа	«Характерная» Превышение ПДК в 71,4–100 %).	14,6 – 29,4 ПДК	–	–	Качество воды ухудшилось (в 2019 г.) и относится к 3 классу, разряд «б» (очень загрязненная), в 2018 г. – 3 класс, разряд «а» (загрязненная).
Богучанское водохранилище 1 створ «выше плотины Богучанской ГЭС»	«Характерная» (57,1–85,7 %)	17 – 54,8 ПДК (Экстремально высокое загрязнение)	«Неустойчивая» (28,6%) Концентрация ионов цинка в воде 0,008 мг/дм ³	–	Качество воды в 2019 г. ухудшилось с переходом в 3 класс, разряд «б» (очень загрязненная).
Р.Подкаменная Тунгуска 2 створа	«Неустойчивая» – «характерная» (14,3–85,7%)	19 ПДК	«Устойчивая» – «характерная» (28,6–71,4 % превышений ПДК).		В одном створе качество воды улучшилось с переходом из 3 класса, разряд «б» (очень загрязненная) в 3

					класс, разряд «а» (загрязненная).
Р. Нижняя Тунгуска 2 створа	«Характерная» (57,1–100%; 71,4–85,7%)	33,0 – 83,0 ПДК (Экстремально высокое загрязнение)	–	14,3 ПДК	Качество воды реки Нижняя Тунгуска ухудшилось с переходом в 4 класс, разряд «в» (очень грязная); ионы меди и цинка являются критическим показателем загрязненности.

В северных территориях края реки загрязнены целым «расолом» всевозможных химических элементов. Есть и данные по ионам никеля. Реки возле населенных пунктов по значению УКИЗВ относятся к 4 классу, разряд «г», «в» (очень грязная). Среднегодовые концентрации ионов никеля 0,185-0,354 мг/дм³. В таблице 2 даны сведения о превышении ПДК ионов никеля за 2019 год, зафиксированные государственной наблюдательной сетью.

Таблица 2

Статистика «высокого загрязнения» поверхностных вод ионами никеля

Река	Пункт наблюдения	Класс опасности	Количество случаев	Превышение ПДК
Щучья	г. Норильск	3	93	17,1–49,0
Амбарная	ж/д ст. Алыкель	3	1	17,8
Далдыкан	ж/д ст. Алыкель	2	1	3,0
Норильская	г. Норильск	3	1	11,7

Поверхностные воды являются источниками чистой воды и приемниками сточных вод. Всего по краю за 2019 год было забрано 2056,4 млн м³ свежей воды, а сброшено без очистки 317,8 млн м³. Содержание ионов меди и цинка в них приведено в таблице 3.

Таблица 3

Динамика содержания ионов меди и цинка в стоках за 2019 – 2018 годы

Тяжелые металлы	Масса сброса по лимиту, т		Масса сброса сверх лимита, т		Масса сброса, всего, т	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018г.	2019г.
Медь (Cu ²⁺)	2,0	2,7	0,0	0,0	0,9	1,0
Цинк (Zn ²⁺)	6,1	5,3	1,1	0,0	7,2	4,8

Динамика объемов загрязненных стоков в поверхностные водные объекты за годы 2012; 2014 – 2019 представлена на рисунке 1.

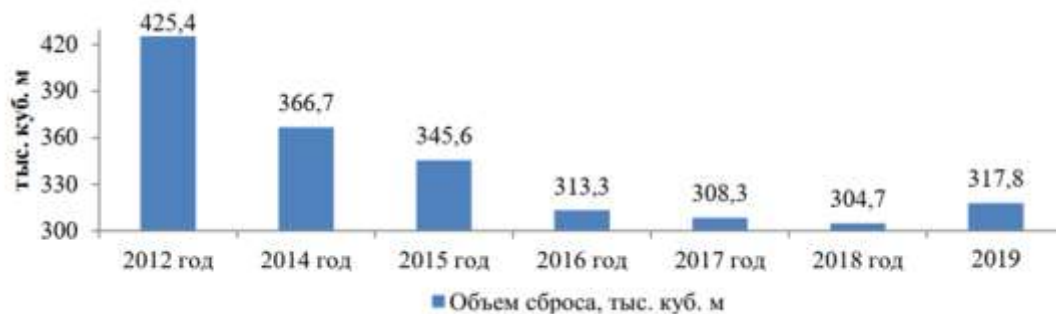


Рисунок 1 – Диаграмма изменения объемов загрязненных стоков

Доля загрязненных стоков по данным: г. Красноярск – 39,7%; г. Назарова – 37,3%; г. Норильск – 16,9%. Они же являются и самыми крупными потребителями свежей воды.

В аналитическом обзоре сообщается, что «на выполнение мероприятий в рамках подпрограмм в 2019 г. израсходовано более 858,6 млн рублей», что совершенно недостаточно для предотвращения необратимых последствий деятельности человека.

Заключение

Реки и водоемы, которые мы не рассматривали в рамках данного анализа, находятся в таком же тяжелом экологическом состоянии, как и те, что мы рассмотрели. При этом загрязняющих веществ в десятки раз больше, чем тех, на которых мы остановили свое внимание.

Практически с каждым годом состояние вод ухудшается по вине человека. Технологический прогресс не остановить, значит надо многократно усилить защиту от загрязнения вод, прежде всего найти надежные способы очистки до норм стоков от различных загрязнителей, в том числе и от ионов тяжелых металлов. Необходимо изучать и реализовывать современную концепцию Наилучших Доступных Технологий в проектировании новых объектов отечественной промышленности.

Список литературы

1. Аналитический обзор «Экологическое состояние водных ресурсов» [Электронный ресурс]// Геопортал ИВМ СО РАН – Режим доступа: <https://gis.krasn.ru/blog/content/ekologicheskoe-sostoyanie-vodnykh-resursov> (Дата обращения 25.03.2021)
2. Аналитический обзор состояния загрязнения поверхностных вод суши [Электронный ресурс]//Краевое государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края» – Режим доступа: [//krasecology.ru/Water](http://krasecology.ru/Water) (Дата обращения 25.03.2021)
3. Водяницкий Ю. Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2011. – № 68. – С. 57-81.
4. «Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае» за 2019 год. [Электронный ресурс]// Краевое государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края» – Режим доступа: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849> (Дата обращения 25.03.2021)
5. Голованова О.А., Маловская Е.А. Динамика загрязнения ионами тяжелых металлов поверхностных вод рек Сибирского региона // Вестник Омского университета. 2016. № 3. С. 64-73.
6. Дементьев Д. В., Болсуновский А. Я., Борисов Р. В., Трофимова Е. А. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях реки Енисей в районе Красноярска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – №5. – С. 91-96.
7. Колесников В.А Бойченко Н.Б. Годовая и сезонная динамика содержания тяжелых металлов в воде рек Бuzим и Есауловка Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №6.
8. Колесников В.А., Бойченко Н.Б. Годовая и сезонная динамика содержания тяжелых металлов в воде рек Енисей, Чулым, Кан Красноярского края // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №5.
9. Красовский Г. Н., Егорова Н. А., Быков И. И. Классификация опасности веществ, загрязняющих воду // Гигиена и санитария. – №2. С. 6.
10. Медведев И.Ф., Дервягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах / Саратов: «Ракурс», 2017. – 178 с.
11. Санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» (СанПиН 2.2.4-171-10)
12. Санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» СанПиН 2.1.5.980-00
13. Сулова С.В., Сироткин А.С. О природе снижения токсичности смешанного стока гальванического и оптического производств // Вестник Казанского технологического университета Казань. 2015. №3. С. 297-299.
14. Т. И. Хоменушко, С. Н. Русак, М. И. Куриленко Оценка фонового загрязнения донных отложений водных объектов северо-восточной части Таймырского района Красноярского края // Проблемы региональной экологии. 2018. №6. С. 16-2018.
15. Ташлыкова Е. Е. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах пригородной зоны г. Красноярска// Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – №3. С. 184 – 188.
16. Узков З. З. Тяжёлые металлы и их влияние на растения // Символ науки. 2018. №1.
17. Федеральный закон от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «Водный кодекс Российской Федерации»
18. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. От 09.03.2021) «Об охране окружающей среды»
19. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»
20. Чухлебова Л. М., Бердников Н. В. Особенности накопления тяжёлых металлов в воде, донных отложениях и мышцах рыб среднего течения р. Амур //Региональные проблемы. – 2011. –Т. 14. - №1. –С. 54-58

References

1. Analytical review "Ecological state of water resources" [Electronic resource]// Geoportal IVM SB RAS – Access mode: <https://gis.krasn.ru/blog/content/ekologicheskoe-sostoyanie-vodnykh-resursov> (Accessed 25.03.2021)
2. Analytical review of the state of land surface water pollution [Electronic resource]// Kraevoe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie «Centr realizacii meropriyatij po prirodopol'zovaniyu i ohrane okruzhayushchej sredy Krasnoyarskogo kraja» - Access mode: [//krasecology.ru/Water](http://krasecology.ru/Water) (Accessed 25.03.2021)
3. "State report on the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory" for 2019. [Electronic resource]// Regional State Budgetary Institution " Centr realizacii meropriyatij po prirodopol'zovaniyu i ohrane okruzhayushchej sredy Krasnoyarskogo kraja " - Access mode: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849> (Accessed 25.03.2021)
4. Vodyanitsky Yu. N. On dangerous heavy metals / metalloids in soils // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva. 2011. No. 68. pp. 57-81.
5. Golovanova O. A., Malovskaya E. A. Dynamics of heavy metal ion contamination of surface waters of rivers in the Siberian region // Vestnik Omskogo universiteta. 2016. No. 3. pp. 64-73.
6. Dementiev D. V., Bolsunovsky A. Y., Borisov R. V., Trofimova E. A. The content of heavy metals in the bottom sediments of the Yenisei River in the Krasnoyarsk region // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosursov. 2015. No. 5. pp. 91-96.
7. Kolesnikov V. A., Boychenko N. B. Annual and seasonal dynamics of heavy metals content in the water of the Buzim and Esaulovka rivers of the Krasnoyarsk Territory // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. No. 6.
8. Kolesnikov V. A., Boychenko N. B. Annual and seasonal dynamics of heavy metals content in the water of the Yenisei, Chulym, and Kan rivers of the Krasnoyarsk Territory // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. №5.
9. Krasovsky G. N., Egorova N. A., Bykov I. I. Classification of the hazard of substances polluting water // Gigiena i sanitariya – No. 2. p. 6.
10. Medvedev I. F., Derevyagin S. S. Heavy metals in ecosystems / Saratov: "Rakurs", 2017. - 178 p.
11. Sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (SanPiN 2.2.4-171-10)
12. Sanitary norms and rules "Hygienic requirements for the protection of surface waters" SanPiN 2.1.5.980-00
13. Suslova S. V., Sirotkin A. S. On the nature of reducing the toxicity of mixed runoff of galvanic and optical production // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta Kazan. 2015. No. 3. pp. 297-299.
14. Khomenushko T. I., Rusak S. N., Kurylenko M. I. Assessment of background pollution of bottom sediments of water bodies in the north-eastern part of the Taimyr district of the Krasnoyarsk Territory // Problemy regional'noj ekologii. 2018. No. 6. p. 16-2018.
15. Tashlykova E. E. Assessment of the content of heavy metals in the soils of the suburban zone of Krasnoyarsk // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. No. 3. pp. 184-188.
16. Uzkov Z. Z. Heavy metals and their influence on plants // Simvol nauki. 2018. №1.
17. Federal Law No. 74-FZ of 03.06.2006 (as amended on 08.12.2020) "Water Code of the Russian Federation»
18. Federal Law No. 7-FZ of 10.01.2002 (ed. From 09.03.2021) "On environmental protection»
19. Federal Law of December 7, 2011 N 416-FZ "On Water Supply and Sanitation" Law
20. Chukhlebova L. M., Berdnikov N. V. Features of accumulation of heavy metals in water, bottom sediments and fish muscles of the middle reaches of the Amur River // Regional'nye problemy. 2011. Vol. 14, no. 1. pp. 54-58.