



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



**ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН**

МАТЕРИАЛЫ

**VII ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОДНОЙ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ Б.А. ФЛЕРОВА**

**АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ
НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЭКОСИСТЕМЫ**

ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ
КАЧЕСТВА ВОД, СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ
И ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

16–18 сентября 2020 г.

БОРОК, 2020

УДК 574.5(063): 504.4.054(063)
ББК 28.081.4л6+28.082.1л6
А72

Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы : сборник материалов VII Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, посвященной памяти д.б.н., проф. Б. А. Флерова. Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки : материалы школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов (Борок, 16-19 сентября 2020 г.). - Ярославль : Филигрань. – 2020. – 238 с.

ISBN 978-5-6044920-1-7

Сборник материалов опубликован при финансовой поддержке фирмы “*Luminex*”®

В сборнике опубликованы материалы докладов конференции и школы-семинара по широкому кругу теоретических и практических вопросов водной экотоксикологии и охраны окружающей среды.

Рассматриваются судьба, биодоступность, биотрансформация, биоаккумуляция загрязняющих веществ; биохимические, физиологические поведенческие реакции гидробионтов на действие антропогенных факторов. Приведены методы и критерии оценки качества вод, состояния водных экосистем и водных объектов, проблемы регионального нормирования.

Для широкого круга специалистов: токсикологов, гидробиологов, экологов, гидрохимиков, ихтиологов, зоологов, альгологов.

Материалы сборника размещены на сайте ИБВВ РАН: <http://www.ibiw.ru>

Материалы печатаются в авторской редакции

Компьютерная верстка: Е. А. Заботкина, И. В. Чалова

Фото на обложке: на лицевой части – радуга над Онежским озером, лето 2019 г. автор Р.А. Ложкина, на обороте – шламонакопитель «Черная дыра» г. Дзержинск 2016 г., «АиФ НН».

УДК 574.47: 504.4.054(08)
ББК 28.088.л6+28.082.1л6

ISBN 978-5-6044920-1-7

© Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, 2020
© Р.А. Ложкина, фото на обложке, 2019;
© «АиФ НН», фото на обложке, 2016.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.Л. Григорьева, Е.А. Чекмарева

*Институт водных проблем РАН, Ивановская НИС, Конаково
171251 Конаково, Тверская обл., Россия, Irina_Grigorieva@list.ru*

Представлены результаты исследования микрокомпонентного состава донных отложений Иваньковского водохранилища. Отбор проб ДО производился на постоянных створах наблюдений Иваньковской НИС ИВП РАН, а также в устьевых зонах заливов и малых притоков. Установлены основные закономерности распределения железа общего, меди, цинка, хрома, свинца и марганца в ДО водохранилища.

Донные отложения (ДО) – одна из важных составляющих экосистемы водохранилищ. ДО – это многокомпонентные образования, скапливающиеся на дне водоемов и водотоков в результате осаждения взвешенных частиц из толщи воды, абразионных процессов, отмирания водных организмов. Донные отложения являются депонирующей средой для токсичных микроэлементов и при изменении физико-химических условий в водоеме могут стать источником их вторичного поступления сначала в поровые воды, а затем и в поверхностные [6], поэтому изучение микрокомпонентного состава ДО является важной научной задачей.

Объект наших исследований – ДО Иваньковского водохранилища, одного из источников водоснабжения г. Москвы. Результаты предыдущих исследований микрокомпонентного состава ДО Иваньковского водохранилища изложены в [1–2, 4–6] и относятся к 90-м годам прошлого столетия – началу 2000-х. Предварительные результаты наших исследований, которые были проведены в 2016–2017 гг., представлены в [3, 7].

Анализ многолетних данных о содержании тяжелых металлов [ТМ] в ДО показывает, что содержание ТМ в ДО – надежный индикатор антропогенной нагрузки на экосистему Иваньковского водохранилища [4]. Авторами [5] установлено, что идет накопление железа, свинца и кобальта во всех плесах Иваньковского водохранилища в формах, связанных со взвешенным веществом и детритом, сорбированных поверхностным слоем ДО. В осадках, обогащенных органическим веществом, вклад форм, связанных с органикой, возрастает для железа, кобальта, свинца, меди и никеля и не меняется для марганца, цинка, кадмия, бария и стронция [6]. Основными источниками поступления тяжелых металлов в ДО Иваньковского водохранилища является приток с водным стоком Волги и поступление со сточными водами промышленных предприятий и поверхностным смывом с промплощадок [4]. Авторами [4] отмечено, что за многолетний период произошло уменьшение концентраций тяжелых металлов в ДО водохранилища, а наши исследования [7] показали, что на участках с наибольшей антропогенной нагрузкой (устья малых рек и акватория водохранилища возле населенных пунктов и промышленных предприятий) идет увеличение концентраций ТМ в ДО. Чтобы более точно оценить содержание тяжелых металлов в ДО Иваньковского водохранилища нами были проведены исследования летом 2018 и 2019 гг.

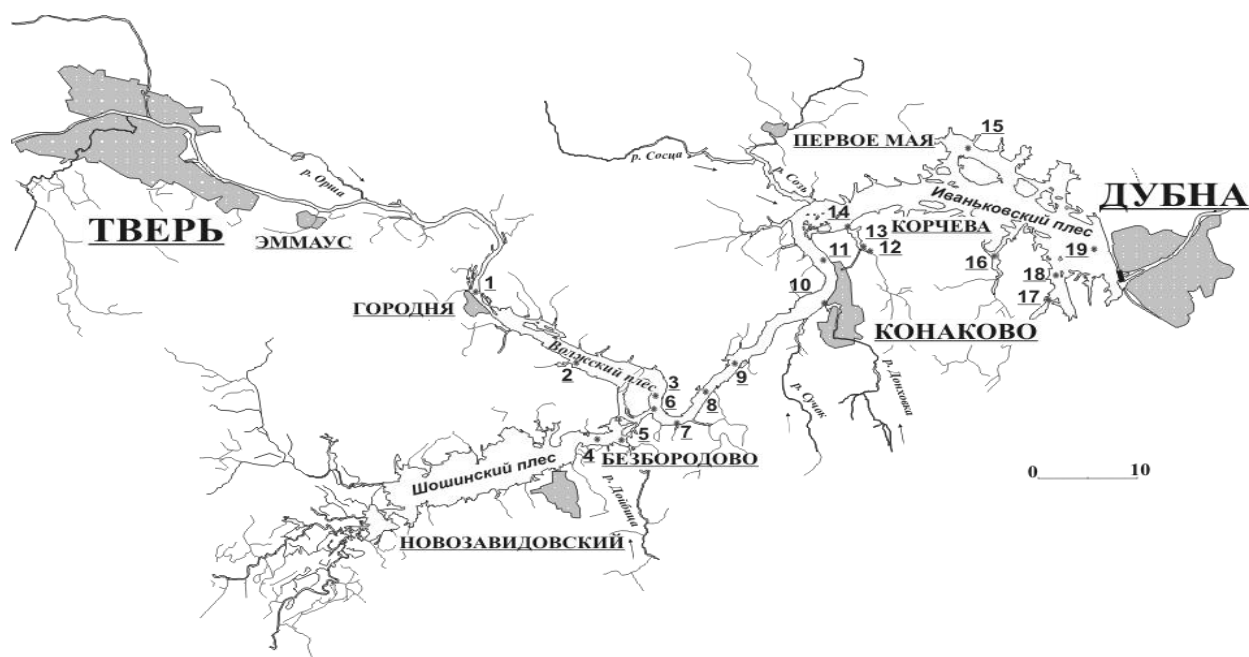


Рисунок. Карта-схема отбора проб донных отложений Иваньковского водохранилища в 2018–2019 гг. Точки отбора: 1 – с. Городня, 2 – п. Ст. Мелково, 3 – о. Низовка, 4 – Шошинский плес/д. Безбородово, 5 – устье р. Дойбица, 6 – устье Шошинского плеса, 7 – устье р. Терехова, 8 – «Дунькина гора», 9 – д. Плоски, 10 – устье р. Донховка, 11 – ниже г. Конаково/ЛЭП, 12 – Мошковичский залив/выше очистных сооружений г. Конаково, 13 – Мошковичский залив/очистные сооружения г. Конаково, 14 – устье Моковичского залива, 15 – устье Перетрусовского залива, 16 – устье Федоровского залива, 17 – устье Коровинского залива, 18 – устье Домкинского залива, 19 – в/бьеф Иваньковской ГЭС.

Отбор и хранение проб ДО проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.01-80 и РД 52.24.609-2013. Отбор проб производили из поверхностного слоя ДО с нарушением структуры. Пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и проводили анализ по аттестованным методикам в химической лаборатории ИвНИС ИВП РАН. В ДО определялись водорастворимые формы тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, хром, марганец) атомно-абсорбционным анализом (AA-6800F, SHIMADZU, Япония). Определялось также содержание железа общего, двух и трех валентного.

Точки отбора проб ДО представлены на рисунке.

В табл. 1 представлены концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов в некоторых точках наблюдений 2018 г., а в табл. 2 представлены результаты химанализа проб ДО, отобранных в 2019 г.

Таблица 1. Концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов (мг/кг) в пробах ДО Иваньковского водохранилища в 2018 г.

№	Точка отбора	Fe _{общ.}	Cu	Pb	Zn	Cr
3	о. Низовка (русло)	53524	0.185	0.043	0.378	0.026
4	д. Безбородово (Шошинский плес)	7599	0.108	0.129	1.906	0.026
5	р. Дойбица (устье)	17630	0.130	0.039	0.955	0.043
8	Дунькина Гора (русло)	30764	0.223	0.022	0.538	0.021
9	д. Плоски (русло)	33398	0.241	0.032	5.100	0.036
12	Мошковичский з-в (выше очистных)	31159	0.128	0.023	0.780	0.047
13	Мошковичский з-в (очистные)	43354	0.318	0.130	6.980	0.097
14	Мошковичский з-в (устье)	23509	0.203	0.173	0.860	0.026
15	Перетусовский залив	43528	0.163	0.090	1.436	0.027

Из табл. 1 видно, что в ДО накапливается больше всего железа, что является региональной особенностью. Концентрации меди колебались в интервале от 0.108 мг/кг у д. Безбородово до 0.318 мг/кг в районе очистных сооружений г. Конаково (Мошковичский залив). Максимальная концентрация свинца была зафиксирована в устье Мошковичского залива и составила 0.173 мг/кг. Наибольшие концентрации цинка и хрома были отмечены в районе очистных сооружений г. Конаково (соответственно 6.98 и 0.097 мг/кг).

Таблица 2. Концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов (мг/кг) в пробах ДО Иваньковского водохранилища (2019 г.)

№	Точка отбора	Cu	Zn	Cr	Mn
1	п. Городня	0.015	2.873	0.170	7.003
2	д. Старое Мелково	0.024	3.829	0.118	6.999
3	о. Низовка	0.196	3.689	0.014	15.596
4	д. Безбородово (Шошинский плес)	0.717	1.460	0.072	5.574
5	р. Дойбица (устье)	1.016	1.982	0.188	3.303
6	Устье Шошинского плеса	0.612	0.751	0.405	1.831
7	Терехова (устье)	0.831	2.394	0.173	8.013
8	Дунькина Гора	0.619	3.323	0.147	13.477
9	д. Свердлово (левый берег)	0.015	3.955	0.043	11.493
10	д. Плоски	0.020	6.025	0.260	14.738
11	г. Конаково	0.031	9.298	0.132	19.827
12	р. Донховка (устье)	0.042	1.322	0.251	5.563
13	Мошковичский залив (устье)	0.770	1.514	0.326	1.921
14	Перетрусовский залив	0.722	1.979	0.412	1.537
15	Омутинский залив	0.860	3.548	0.478	4.583
16	Коровинский залив	8.334	1.132	0.419	1.171
17	Слияние Домкинского и Коровинского заливов	1.035	2.651	0.430	4.238
18	Домкинский залив	0.216	2.480	0.028	9.562
19	Федоровский залив	0.956	2.104	0.382	4.049
20	в/б Иваньковской ГЭС	0.025	9.161	0.132	16.034

Исследования 2019 г. показали, что накопление меди в ДО в наибольшей степени происходит в устьях заливов и устьях малых притоков. Во входном (п. Городня) и замыкающем (в/б Иваньковской ГЭС) створах концентрации меди были небольшими и близки между собой. Наибольшие концентрации цинка были отмечены у г. Конаково и у плотины Иваньковской ГЭС. Наибольшие концентрации хрома наблюдались преимущественно

но в устьях заливов. Наибольшие концентрации марганца зафиксированы в районе г. Конаково и в замыкающем створе водохранилища. В верхнем бьефе Ивановской ГЭС концентрации марганца в ДО были в два раза выше, чем во входном створе (Городня). Высокие концентрации марганца наблюдались на расширенных участках водохранилища и в районе интенсивной береговой застройки (с. Свердлово, д. Плоски).

Полученные нами в 2019 г. данные сопоставимы с данными за 2017 г. [7]. Формула геохимических ассоциаций со средними значениями для Ивановского водохранилища в 2017 г.: $Zn_{9,0} - Fe_{5,1} - Cu_{2,8} - Pb_{7,6} - Cr_{12,6} - Mn_{37,3}$ и в 2019 г.: $Zn_{12,2} - Fe_{11,7} - Cu_{31,8} - Pb_{7,6} - Cr_{12,6} - Mn_{37,3}$.

Оценка межгодового изменения коэффициента концентрации (K_c) по всему водохранилищу и на его отдельных участках показала, что наблюдается тенденция к увеличению всех элементов с середины 90-х годов XX века к настоящему времени. Концентрация марганца увеличилась от 0.5 до 2.7 единиц в период 1982–1998 гг. до 123.6 – в 2019 г., концентрация меди – от 0.9 до 5.5 единиц в период 1982–1998 гг. до 16.65 – в 2019 г., цинка – от 4.0 до 56.7 единиц в период 1982–1998 гг. до 7.51 – в 2019 г. Увеличение концентраций меди, цинка, свинца и марганца происходит преимущественно в устьях малых рек и ручьев, в заливах. Динамика средних значений коэффициента концентрации (K_c) в ДО заливов показала, что происходит накопление свинца, меди и хрома в Коровинском и свинца в Мошковичском заливах с 1994 г. по настоящее время, заметно снижение K_c для цинка с начала 90-х годов XX века к настоящему времени.

Средние значения коэффициента концентрации тяжелых металлов в ДО Ивановского водохранилища в 2019 г. превысили средние значения за период с 1982 г. по 1998 г.

Накопление различных форм железа происходит в водохранилище повсеместно, в основном, железа 2-х валентного (Fe^{2+}), что связано, предположительно, с выносом железа со сточными водами. Так, в районе очистных сооружений г. Конаково (Мошковичский залив), в 2018 г. зафиксированное содержание Fe^{2+} составило 43354 мг/кг. Исключение составляют заливы Омутнинский, Перетрусовский, Федоровский, Домкинский, где преобладает железо 3-х валентное (Fe^{3+}), поступающее в залив с водами с заболоченного водосбора.

Коэффициент донной аккумуляции (КДА) для железа общего в донных отложениях Ивановского водохранилища изменяется от $1.6 \cdot 10^4$ до $1.1 \cdot 10^6$, т.е. наблюдается стойкое высокое «хроническое» загрязнение.

Установлено, что накопление железа зависит от объемов поступления элемента и физико-химических особенностей формирования водных масс на различных участках водоема.

Наши исследования показали, что максимальные значения концентраций меди и цинка в ДО Ивановского водохранилища значительно выше фоновых значений и ПДК в почве. Это подтверждает вывод о том, что в ДО происходит накопление этих элементов.

При оценке уровня загрязнения ДО в водохранилищах необходимо учитывать региональные фоновые показатели, а также особенности гидрологического и гидрохимического режимов водоемов, выявлять участки с высокой нагрузкой, используя данные об источниках загрязнения. Важно указывать методики выполнения химического анализа ДО и воды, использовать единую методику отбора и химического анализа проб при выполнении многолетних наблюдений на водном объекте.

Работа выполнена в рамках темы № 0147-2019-0002 (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8) Государственного задания ИВП РАН.

Список литературы

1. Бреховских В.Б., Казмирук Т.Н., Казмирук В.Д. Донные отложения Ивановского водохранилища: состояние, состав, свойства / М.: Наука, 2006. 176 с.
2. Гапеева М.В., Законнов В.В., Гапеев А.А. Локализация и распределение тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ Верхней Волги // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 2. С. 174–180.
3. Григорьева И.Л., Чекмарева Е.А. Современное состояние и трансформация качества донных отложений Ивановского водохранилища // Труды научного конгресса 21-го Международного научно-промышленного форума Великие реки, 2019» в 3-х томах. Нижний Новгород: НГАСУ, 2019. С. 69–72.
4. Гришанцева Е.С., Сафронова Е.С. Эколого-геохимическая оценка состояния Волжского источника водоснабжения г. Москвы // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 3. С. 304–322.
5. Дебольский В.К., Кочарян А.Г., Григорьева И.Л., Лебедева И.П., Толкачев Г.Ю. Проблемы формирования качества воды в поверхностных источниках водоснабжения и пути их решения на примере Ивановского водохранилища // Вода: химия и экология, № 7 (13), 2009. С. 2–11.
6. Липатникова О.А., Гричук Д.В., Григорьева И.Л., Хасанова А.И., Шестакова Т.В., Бычков А.Ю., Ильина С.М., Пухов В.В. Формы нахождения микроэлементов в донных отложениях Ивановского водохранилища // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. №1. 2014. С. 37–48.
7. Чекмарева Е.А., Григорьева И.Л. Донные отложения как источник вторичного загрязнения Ивановского водохранилища // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Водохранилища Российской Федерации: Современные экологические проблемы, состояние, управление. Сочи, 23-29 сентября 2019. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 437–442.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИОРИТЕТНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМИ И ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

А.С. Губин, А.А. Кушнир, П.Т. Суханов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
394036, г. Воронеж, Россия, goubinne@mail.ru

Основная задача исследования состояла в применении магнитной твердофазной экстракции в сочетании с газовой хроматографией-масс-спектрометрией (ГХ-МС) для мониторинга приоритетных загрязнителей и лекарственных веществ в водных объектах. На основе полученных данных установлены годовые и сезонные колебания содержания токсикантов, а также установить распределение концентраций органических загрязнителей в водах и донных отложениях трех главных рек Воронежской области – Дону, Воронеже и Хопре.

В качестве объектов исследования были выбраны фенолы: фенол (PL), гваякол (GL), 2-хлорфенол (2-CP), 3-хлорфенол (3-CP), 4-хлорфенол (4-CP), 2,4-дихлорфенол (2,4-DCP), 2,5-дихлорфенол (2,5-DCP), 2,4,5-трихлорфенол (2,4,5-TCP), 2,4,6-трихлорфенол (2,4,6-TCP), пентахлорфенол (PCP); вещества, влияющие на эндокринную систему – нонилфенол (NLP), бисфенол С (BPC), диоктилфталат (DOP) и метилапарабен (MP); лекарственные препараты – эстрадиол (EL) и салициловая кислота (Sal). Вышеперечисленные вещества были установлены в речных водах или донных отложениях при первичном скрининге водоемов. Для отбора проб воды и донных отложений были выбраны точки в областном центре – г. Воронеже и крупных районных центрах с населением более 50 тыс. человек – городах Лиски и Борисоглебск (рис. 1). Отбор проб проводили в 50 м от сброса левобережных очистных сооружений в р. Воронеж, в городах Лиски и Борисоглебск – в реки Дон и Хопер соответственно.

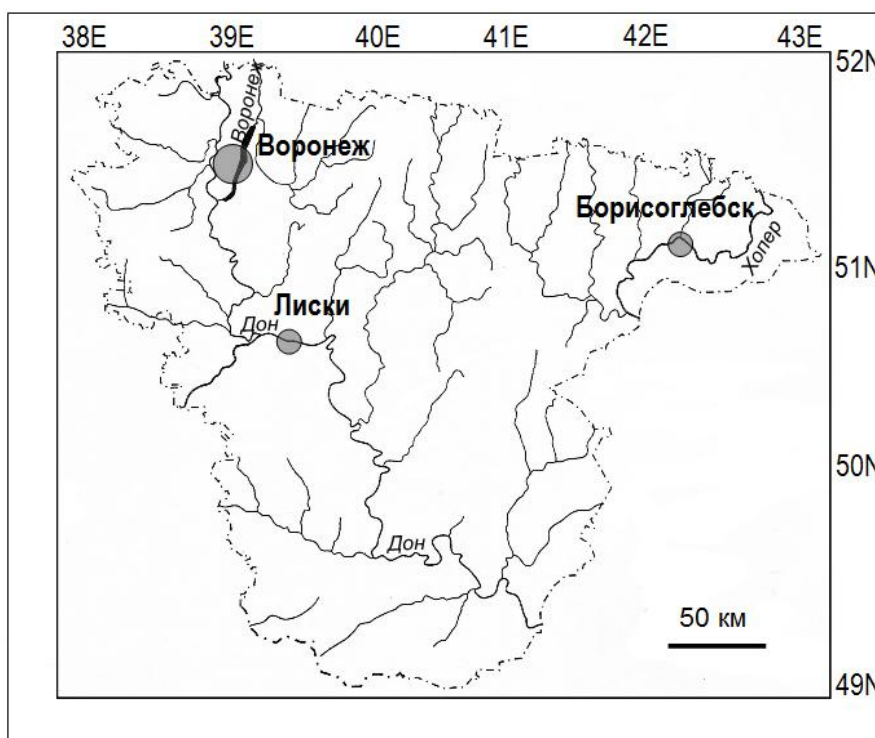


Рис. 1. Точки отбора проб на карте Воронежской области.

Наиболее обширную группу приоритетных органических загрязнителей составляют фенолы, производные фталиевой кислоты и парабены [1]. В последнее время в речных водах стали встречаться не характерные для водных объектов загрязнения – лекарственные препараты и их метаболиты. В настоящее время таких веществ, которые обнаруживают в детектируемых количествах, достаточно немного, но с каждым годом их количество растет.

Присутствие фенолов в водных экосистемах сопровождается рядом процессов: накоплением в донных отложениях и водной биоте, передачей токсикантов по пищевой цепи и эффектами биоконцентрирования [2]. При использовании водных организмов и растений в качестве продуктов питания, а также при применении речных вод для хозяйственного водопользования токсичные соединения попадают в организм человека, оказывая негативное действие даже при низких концентрациях. Хлорфенолы обладают мутагенными и канцерогенными свойствами, с трудом подвергаются биодegradации и биотрансформации даже на уровне микроконцентраций [3, 4]. Основными источниками хлорфенолов в сточных водах являются фармацевтическая, нефтехимиче-