

УДК 574.5:504

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛОЙ РЕКИ РОЖАЙКИ (В ПОДМОСКОВЬЕ)

© 2014 г. А.Н. Попов, Т.Е. Павлюк, В.Ф. Мухутдинов,
О.С. Ушакова, А.С. Фоминых, Е.А. Бутакова

ФГУП Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, г. Екатеринбург

Ключевые слова: гидробиология, фитопланктон, перифитон, макрозообентос, бактериальная микрофлора, гидрохимия, качество воды, индекс загрязненности, концентрация.

Представлены результаты исследования качества воды, состояния звеньев экосистемы р. Рожайки (малой реки Подмосковья) и устьевых участков ее притоков. Проведено ранжирование водных объектов, в наибольшей степени влияющих на состояние основного водотока и требующих первоочередной разработки мероприятий по улучшению их состояния.

Восстановление поверхностных водоисточников должно осуществляться на основе глубокого понимания процессов на водосборе, гидрохимических, гидробиологических и гидрологических процессов в самом водотоке или водоеме, апробированного практического опыта управления ими и принятия технических решений, технологических приемов, экологических, экономических и организационно-правовых критериев, обеспечивающих планируемое состояние поверхностных вод.

В связи с необходимостью выработки единого методологического подхода к решению данной задачи сотрудниками ФГУП РосНИИВХ были разработаны концептуальные основы восстановления или улучшения состояния водотоков и водоемов [1]. Реализация подхода [1] к вопросам восстановления водных объектов продемонстрирована на примере р. Рожайки – одного из малых водотоков Подмосковья, крайне в этом нуждающегося.

Цель первого этапа работы – разработать мероприятия по восстановлению состояния поверхностного водоисточника на примере одного из участков (притоков) р. Рожайки. Поскольку в общем виде методология восстановления водоисточников требует оценки состояния водного объекта, были определены гидрологические характеристики водотоков, проведена оценка гидрохимического и гидробиологического состояния реки и устьевых участков ее притоков.

Объектом исследования является р. Рожайка (Рожая) – небольшой водоток южного Подмосковья, простирающийся с юго-запада на северо-восток на расстоянии до 55 км [2], правый приток р. Пахры. Река относится

Водное хозяйство России № 5, 2014

Водное хозяйство России

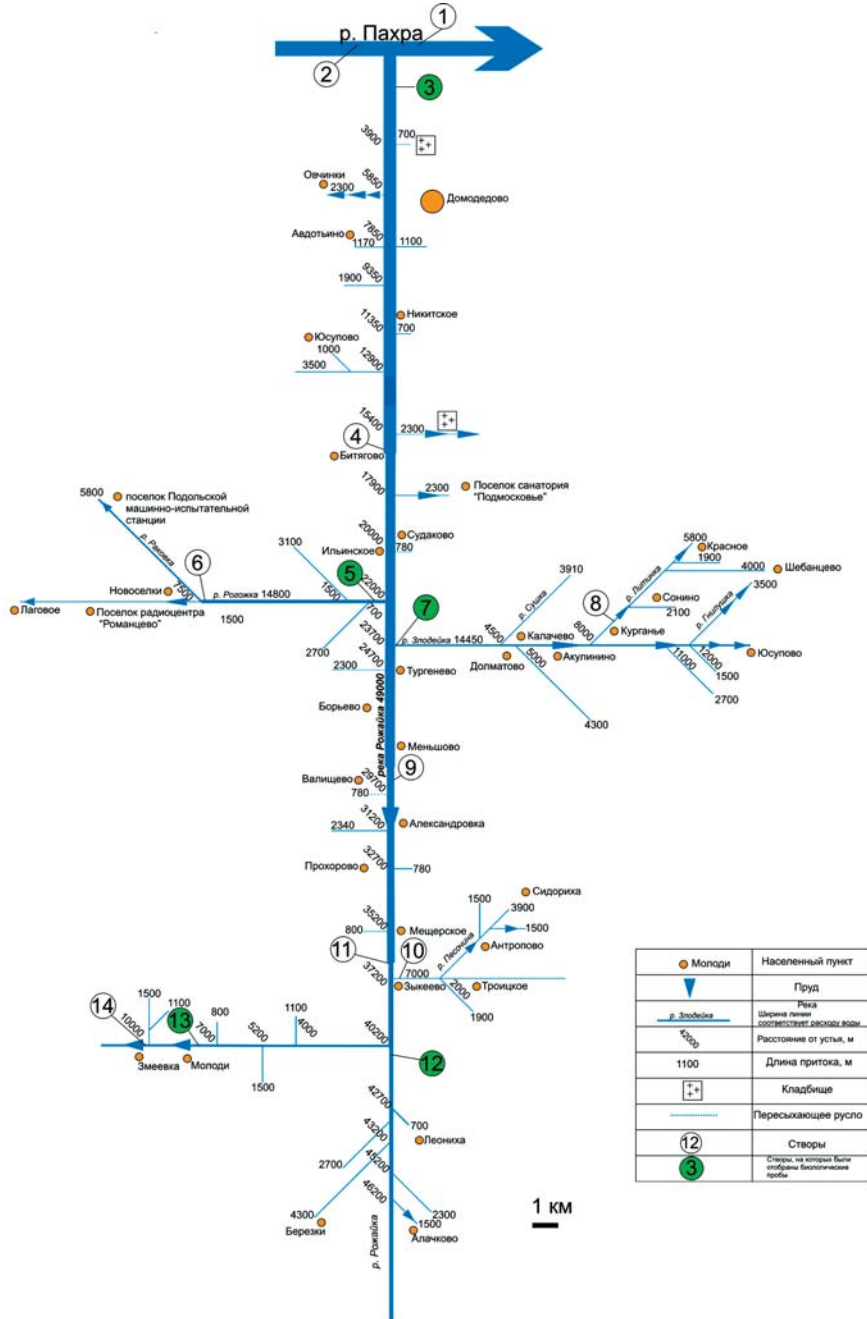


Рис. 1. Линейная схема водотоков бассейна р. Рожайки.

к равнинному типу, имеет около 15 притоков, из которых только четыре с постоянным расходом:

Тюнюкова – левый приток длиной 15 км. Почти повсеместно по берегам водотока располагаются хозяйственные и жилые постройки, проложены многочисленные трубопроводы. Ниже д. Столбовая и пос. Молоди находятся два постоянных пруда.

Песочина – правый приток длиной 7 км. Естественное состояние берегов нарушено хозяйственной деятельностью. Долины водотока заняты небольшими населенными пунктами и дачными участками. На реке имеются небольшие прудки, созданные бобрами.

Злодейка – малая река в Домодедовском районе, правый приток р. Рожайки длиной 15 км [3]. Берега реки в основном остались незатронутыми городскими и хозяйственными застройками, на них расположены многочисленные садовые и дачные участки. Верховья реки зарегулированы и представляют каскад прудов, самый нижний пруд находится в районе пос. Акулинино.

Рогожка – левый приток р. Рожайки длиной 12 км, площадь водосбора 81,5 км² [3], протекает по возделанной равнине, для которой характерна высокая распаханность и развитое сельское хозяйство. На реке существует три небольших пруда.

Для реализации поставленных задач на основе результатов рекогносцировочного обследования по морфологическим и географическим критериям были выделены 14 створов наблюдений – 2 участка на р. Пахра; 12 участков на р. Рожайка и ее притоках (рис. 1). Расположение выбранных створов фиксировалось с помощью системы глобального позиционирования GPS, координаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Название исследуемых створов и их географические координаты

Номер створа	Название створа	Географические координаты	
		с.ш.	в.д.
1	р. Пахра выше впадения р. Рожайки	55°27'686"	37°40'345"
2	р. Пахра ниже впадения р. Рожайки	55°27'919"	37°41'616"
3	р. Рожайка ниже г. Домодедово	55°27'37"	37°41'616"
4	р. Рожайка на территории пос. Юсупово	55°23'071"	37°44'674"
5	р. Рогожка ниже пос. Новоселки	55°21'087"	37°42'294"
6	устье р. Рогожки	55°20'580"	37°36'522"
7	устье р. Злодейка	55°19'967"	37°44'054"
8	р. Злодейка, пос. Акулинино	55°17'468"	37°45'565"
9	р. Рожайка ниже пос. Меньшово	55°19'147"	37°40'758"
10	устье ручья Песочина (пос. Зыкеево)	55°15'551"	37°36'286"
11	р. Рожайка ниже пос. Зыкеево	55°15'900"	37°36'301"
12	р. Рожайка ниже пос. Любучаны	55°14'902"	37°32'825"
13	р. Тюнюкова ниже пос. Молоди	55°16'332"	37°31'368"
14	р. Тюнюкова ниже пос. Змеевка	55°16'144"	37°29'402"

Таблица 2. Расходы воды р. Рожайки и ее притоков в осенний, летний и зимний периоды, м³/с

Период	Номер створа											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Осень (28.11–30.11)	1,94	1,20	0,34	0,12	0,09	0,05	0,77	0,07	0,37	0,20	0,07	0,02
Зима (13.02–15.02)	1,71	1,08	0,15	0,10	0,08	0,03	0,72	0,01	0,17	0,20	0,03	–
Лето (20.08–26.08)	1,76	1,14	0,32	0,17	0,12	0,06	0,76	0,05	0,34	0,16	0,06	0,02
Средне-годовой	1,80	1,14	0,27	0,13	0,1	0,05	0,75	0,04	0,29	0,19	0,05	0,01

На каждом из выбранных створов проводили комплекс следующих работ: выполняли отбор проб воды для определения 28 компонентов, измеряли скоростные и морфометрические характеристики для определения расходов воды, температуру воды, при этом отмечали другие особенности створов. На пяти станциях отбирали пробы воды, донные отложения и обрастания подводных субстратов на определение гидробиологических показателей. На всех створах проводили отбор проб воды на микробиологический анализ. Исследования провели в период 2011 (осень) – 2012 (зима, лето) годов. Расходы воды в р. Рожайке и притоках представлены в табл. 2.

Гидрохимическая характеристика исследуемых объектов

Величины минерализации и электропроводности воды на большинстве исследуемых створов в течение всего года не превышают 500 мг/дм³ и 1000 мкСм/см (вода пресная). Вода с более высокой минерализацией отмечена только в р. Рогожка. Корреляция показателей минерализации и электропроводности оказалась статистически достоверной $r = 0,877$. На всех исследованных участках концентрация взвешенных веществ колеблется на уровне 30–40 мг/дм³.

Величина водородного показателя рН в большинстве изучаемых створах на р. Рогожке и ее притоках не превышает нормативных показателей (табл. 3). Повышенная щелочность в створе 7 в зимний период является следствием антропогенного влияния на р. Злодейку. То же самое относится и к остальным створам с повышенной щелочностью воды. Помимо этого в створах 13 и 14 на защелачивание воды в летний период оказывает влияние интенсивное «цветение» водорослей.

Содержание растворенного в воде кислорода на исследуемых участках значительно варьирует. Максимальное его содержание в течение всего года отмечено на р. Злодейке (створ 7, 8), где оно менялось с 15 до 20 мг/дм³ и в верховьях р. Рожайки (створ 11, 12) – 12–15 мг/дм³. Ближе к устью концентрации растворенного кислорода снижаются, за исключением створа 4. Самые низкие концентрации наблюдались на р. Рогожка (створ 5, 6).

Таблица 3. Величины рН воды р. Рожайки и ее притоков

Период	Номер створа													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Осень (28.11–30.11)	8	8,1	8	8,1	7,8	7,8	8,1	7,9	8,1	8,3	7,9	7,9	9,2	8,8
Зима (13.02–15.02)	7,9	8,4	8,1	7,9	7,8	7,6	8,8	8,3	8,3	8	8	7,1	8,6	7,7
Лето (20.08–26.08)	7,8	8,6	7,7	7,9	7,3	7,4	7,8	8,4	7,8	7,8	7,8	7,6	9,9	8,6

Бихроматная окисляемость ХПК и величина БПК₅ в воде на изучаемых створах по эколого-санитарным показателям классов качества воды, разработанных О.П. Оксенок с соавторами [4], варьирует от 3 класса – «удовлетворительно чистая» (створы 3, 9) до 5 класса – «грязная» (створы на реках Пахра, Тюнюкова и Рогожка).

Содержание в воде минеральных форм азота (аммоний, нитраты, нитриты) представлено на рис. 2.

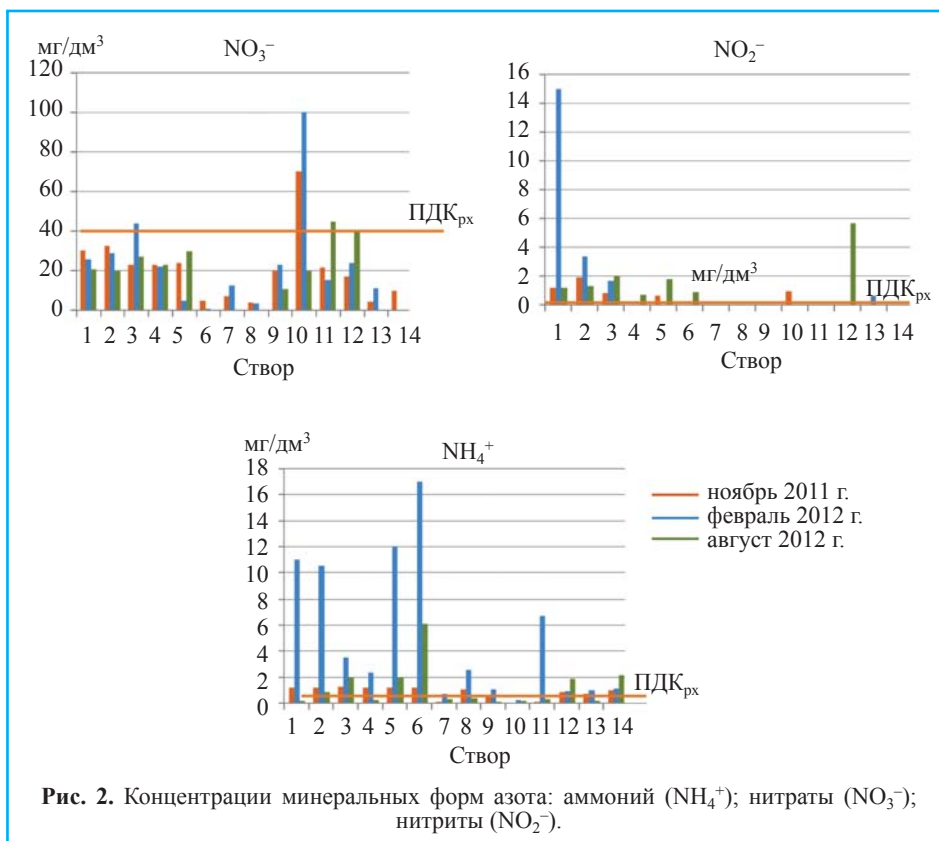


Рис. 2. Концентрации минеральных форм азота: аммоний (NH₄⁺); нитраты (NO₃⁻); нитриты (NO₂⁻).

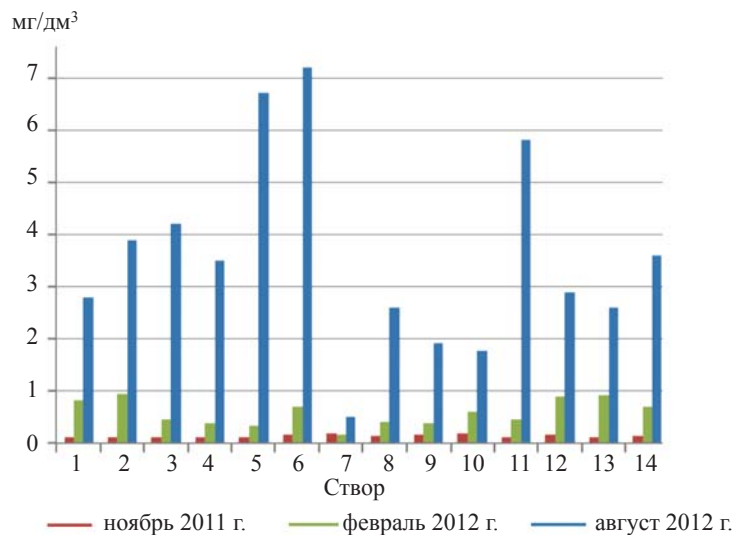


Рис. 3. Концентрация фосфора общего.

Концентрация общего фосфора, который является важнейшим показателем экологического и трофического статуса природных водоемов, в осенний и зимний периоды была значительно ниже, чем в летний. Максимальные концентрации были обнаружены в створах 6 и 5 (рис. 3). ПДК_{рх} фосфора составляет 0,2 мг/дм³.

Изменение концентрации железа общего представлено на рис. 4. Представленные на рисунке данные свидетельствуют о тенденции к понижению содержания железа в период от августа к ноябрю.

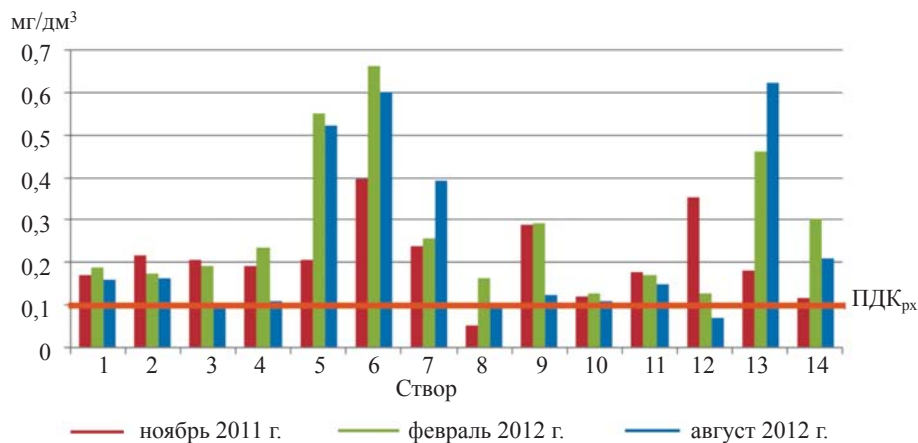
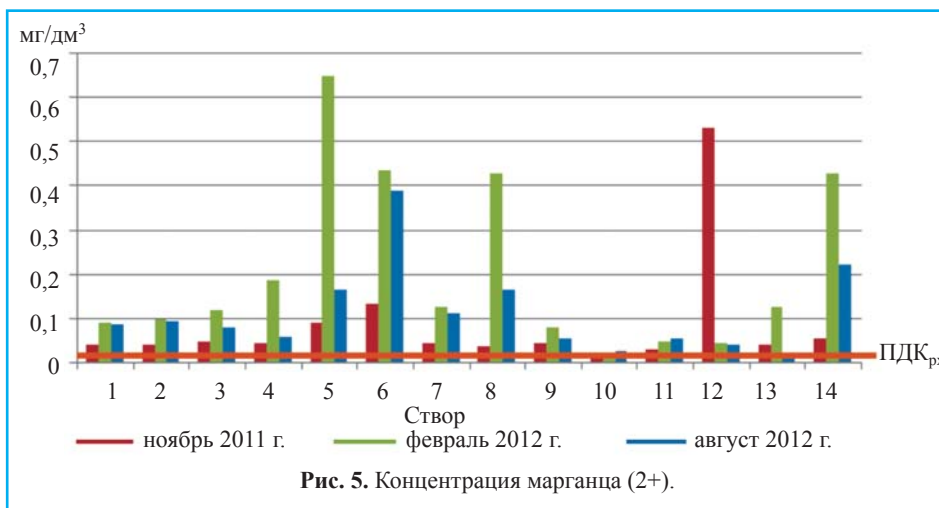


Рис. 4. Концентрация железа общего.

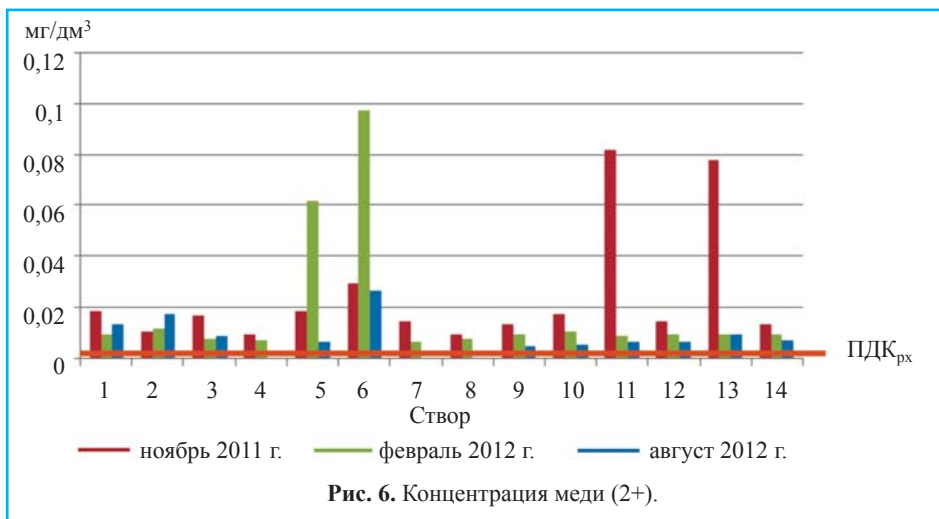


В воде р. Рожайки и ее притоков ПДК_{рх} ионов марганца (2+) превышена по всему течению (рис. 5).

Концентрация ионов меди (2+) в воде в большинстве створов находится на уровне ПДК_{рх} или значительно превышает ее, но ниже предельно допустимой концентрации для водоемов санитарно-бытового водопользования (рис. 6).

Во всех исследуемых створах концентрация ионов цинка (2+) превышает ПДК_{рх}, максимальная концентрация обнаружена в воде в створах 5, 6 и 7 в феврале 2012 г. ПДК_{кб} не достигнута ни в одном из вариантов (рис. 7).

Концентрация свинца (2+) превышает ПДК_{рх} во всех исследуемых створах. ПДК_{кб} превышает в ноябре 2011 г. в большинстве створов, а в феврале 2012 г. – в створах 7 и 9.



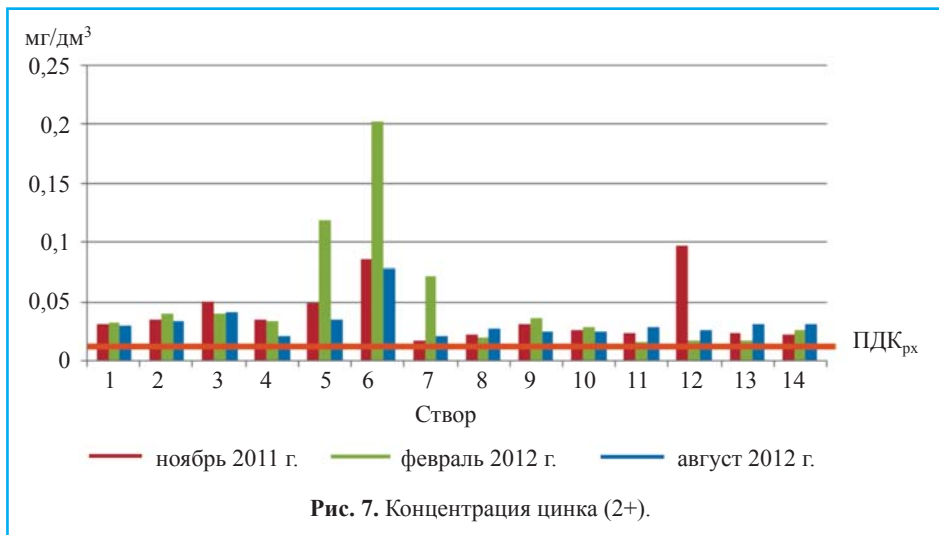


Рис. 7. Концентрация цинка (2+).

В ноябре 2011 г. в воде р. Рожайки ПДК_{рх} хрома (6+) превышена во всех створах, максимальная концентрация была обнаружена в створах 3, 5 и 6. В феврале и августе 2012 г. ионы хрома обнаружены не были.

В ноябре 2011 г. ПДК_{рх} кадмия (2+) была превышена на всех створах, кроме створов 13 и 14. В феврале 2012 г. было отмечено превышение ПДК_{кб} в воде створов 1, 6, 7 и 9, в остальных створах в этот период кадмий (2+) не обнаружен. В августе 2012 г. ионы этого металла не обнаружены.

Концентрация ртути (2+) значительно превышает ПДК_{рх} (рис. 8) в створах 8, 9, 10 и 12, в остальных створах превышение не зафиксировано.

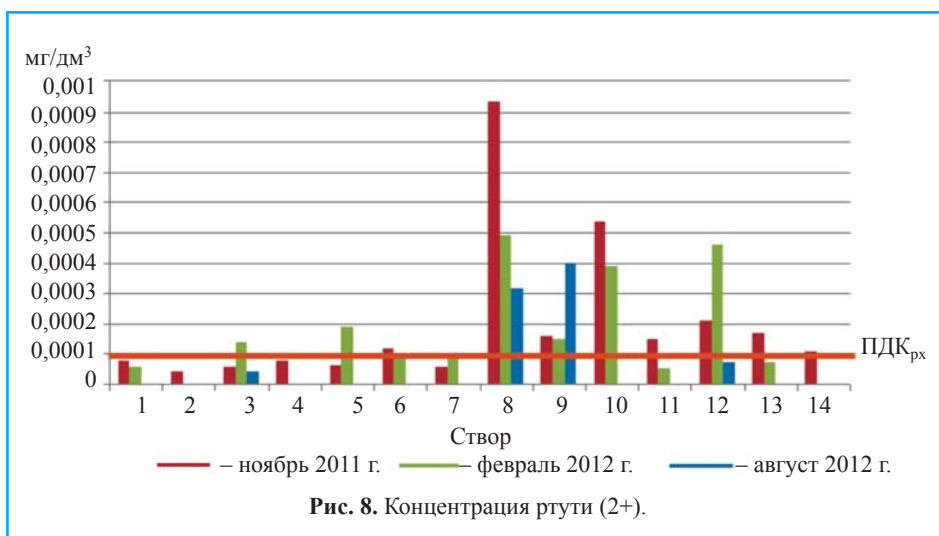


Рис. 8. Концентрация ртути (2+).

Индекс загрязненности воды исследуемых участков

Интегральная оценка качества воды исследуемых участков по расчетной величине – индексу загрязненности вод (ИЗВ), представлена в табл. 4. Анализ представленных в таблице данных показывает, что величина ИЗВ исследуемых участков варьирует на уровне IV (загрязненная) – VII (чрезвычайно грязная) класса качества воды. Исключением является створ 9 (р. Рожайка ниже пос. Меньшово), относящийся по индексу ИЗВ к III классу качества (умеренно загрязненному). Участки с V, VI и VII классом качества воды относятся к водоемам с нарушенными экологическими параметрами, и их состояние оценивается как экологический регресс водных экосистем [4].

Наиболее грязными являются левосторонние притоки р. Рожайки: реки Тюнюкова (V класс качества) и Рогожка (VII). Правобережные притоки – реки Песочина и Злодейка являются более чистыми, их индекс ИЗВ не поднимается выше IV класса качества.

Таблица 4. Оценка качества воды исследуемых участков по ИЗВ

Створ	ИЗВ исследуемых створов	Значение ИЗВ	Класс качества	Вода
1	4,7	4–6	V	Грязная
2	5,3	4–6	V	Грязная
3	4,7	4–6	V	Грязная
4	3,3	2–4	IV	Загрязненная
5	11,7	>10	VII	Чрезвычайно грязная
6	16,2	>10	VII	Чрезвычайно грязная
7	3,5	2–4	IV	Загрязненная
8	3,8	2–4	IV	Загрязненная
9	2,0	1–2	III	Умеренно загрязненная
10	2,2	2–4	IV	Загрязненная
11	3,3	2–4	IV	Загрязненная
12	2,8	2–4	IV	Загрязненная
13	4,1	4–6	V	Грязная
14	3,5	2–4	IV	Загрязненная

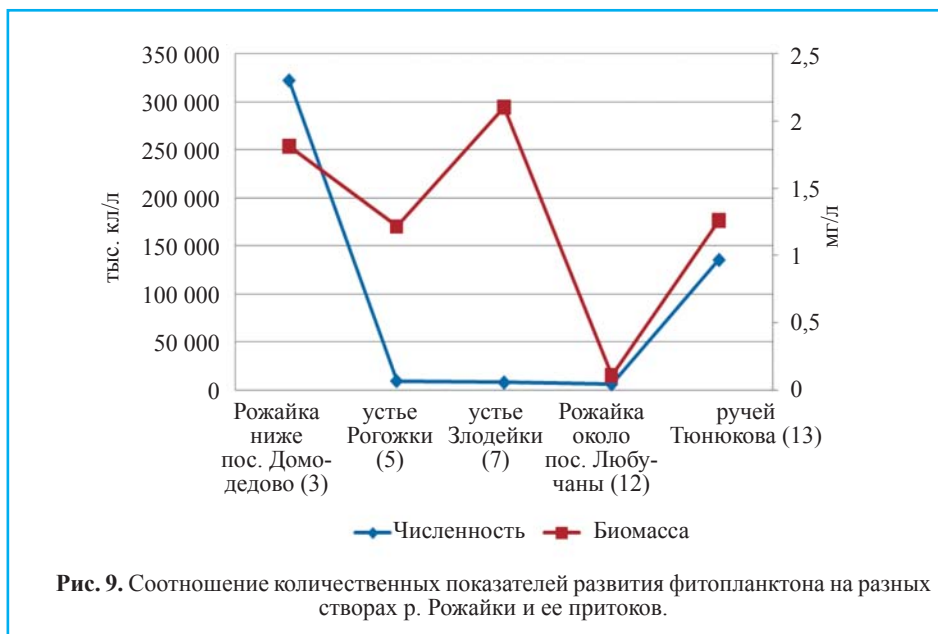
Гидробиологическая характеристика р. Рожайки и ее притоков

Фитопланктон

В феврале 2012 г. (13.02–15.02) были отобраны пробы фитопланктона р. Рожайки (до впадения в р. Пахру) и трех ее притоков на тех же 5 створах, что и в конце ноября – начале декабря 2011 г. Номера створов отбора фитопланктона соответствуют нумерации гидрохимических.

В феврале в составе фитопланктона было обнаружено 55 видов, разновидностей и форм водорослей из 6 отделов, что на 12 меньше, чем в ноябре. Наиболее богатыми по видовому разнообразию были отделы диатомовых (Bacillariophyta) – 28 видов с разновидностями и зеленых водорослей (Chlorophyta) – 16 видов с разновидностями. Следует отметить, что даже отмеченное невысокое видовое разнообразие зеленых, синезеленых и эвгленовых водорослей необычно для зимнего периода. Информация о численности и биомассе фитопланктона в створах наблюдения представлена на рис. 10. По шкале цветения вод [5] величина биомассы в верховьях р. Рожайки была ниже уровня цветения, а на остальных створах соответствовала умеренному уровню.

Данные, представленные на рис. 9, показывают, что динамика количественных показателей фитопланктона практически на всех створах была сходной: низким значениям численности соответствовали низкие значения биомассы, высоким – высокие. Исключение составил створ в устье р. Злодейки, где при среднем значении численности был зарегистрирован максимум биомассы.



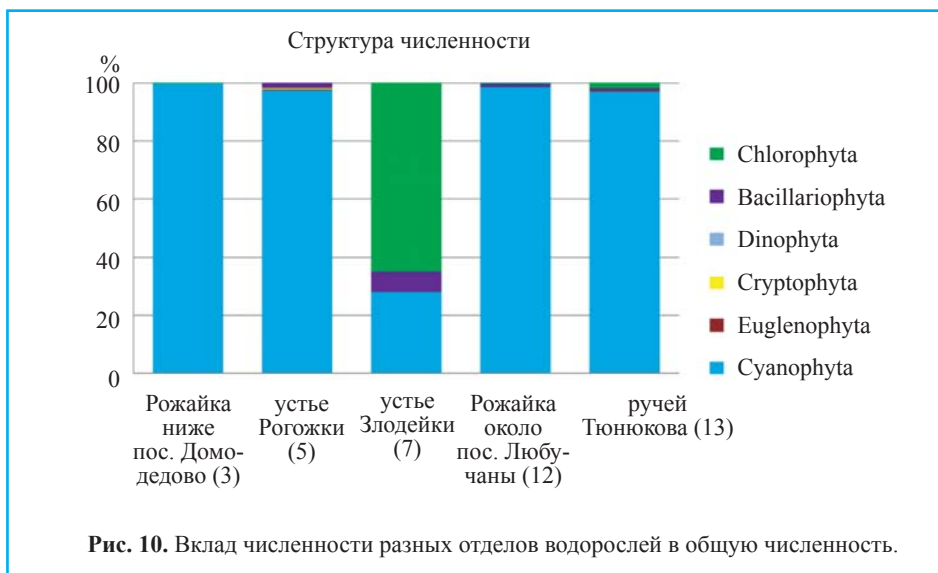
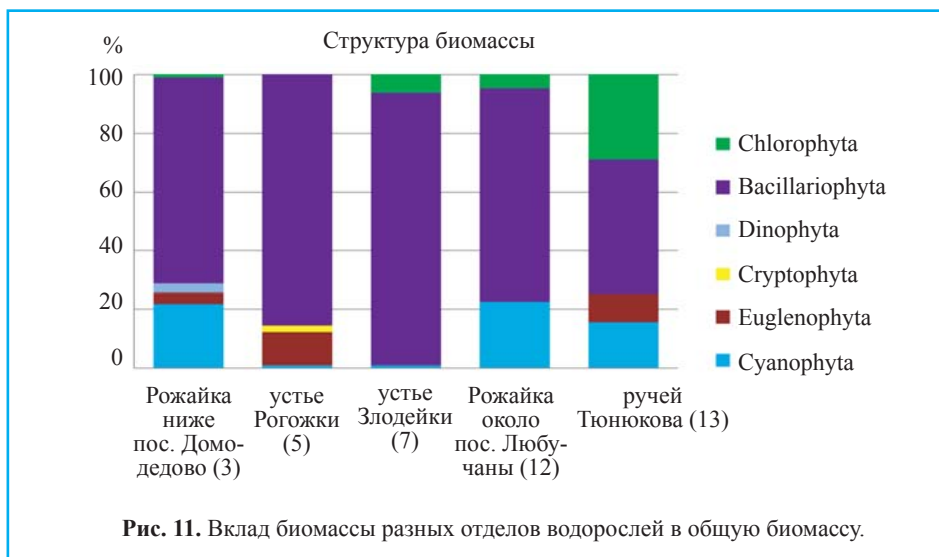


Рис. 10 иллюстрирует результаты исследования структуры численности фитопланктона в изучаемых створах. В феврале на всех створах, кроме устья р. Злодейки, отмечена высокая численность синезеленых водорослей (Cyanophyta) – более 90 % от общей численности фитопланктона даже в фоновом створе в верховьях р. Рожайки. Это явление не характерно для зимнего фитопланктона и свидетельствует о том, что летом в изучаемых реках может наблюдаться значительное «цветение» синезеленых водорослей. В устье р. Злодейки была высока численность зеленых водорослей (Chlorophyta) – более 60 % от общей биомассы, также редкое для зимы явление, что наблюдалось и в ноябре 2011 г. Возможно, такая структура в целом характерна для альгофлоры бассейна р. Рожайки с ее особенностями гидрологического, термического и гидрохимического режимов.

На рис. 11 представлен вклад биомассы разных отделов водорослей в общую биомассу фитопланктона. Видно, что основу биомассы на всех створах (от 47 до 92 %) создавали диатомовые водоросли (Bacillariophyta).

Сообщество водорослей исследуемых рек имело отдельные черты зимнего фитопланктона: в нем по видовому разнообразию и биомассе доминировали холодолюбивые диатомовые водоросли. При этом другие его свойства нехарактерны для зимнего периода: высокое видовое разнообразие зеленых водорослей, большая численность и довольно высокая биомасса нитчатых синезеленых водорослей, заметная в общей структуре фитопланктона, вплоть до того, что они даже входили в комплексы доминирующих по численности и биомассе видов (эти водоросли обычно развиваются летом и осенью).



В составе фитопланктона р. Рожайки и ее притоков были обнаружены виды-индикаторы сапробности, на основании чего были рассчитаны индексы сапробности для всех 5 створов (табл. 5).

Фитопланктон в нижнем течении р. Рожайки отличается от фитопланктона в истоке: увеличивается его видовое разнообразие, повышается численность и биомасса, в структуре уменьшается доля диатомовых и повышается доля других групп водорослей. Кроме того, вниз по течению увеличивается индекс сапробности, что свидетельствует о снижении качества воды по мере приближения к устью.

Анализ структуры фитопланктона показал, что «цветение» было вызвано в основном массовым развитием синезеленых водорослей (73 % общей численности и 54 % общей биомассы). Видовое разнообразие синезеленых водорослей было невысоким – всего 4 вида. Основным доминантом был *Microcystis aeruginosa* (Kutz.) Elenk., численность которого составляла 52,7 % общей численности и 52,9 % общей биомассы.

Таблица 5. Значения индекса сапробности на створах р. Рожайки и ее притоках

Объект, номер створа	Индекс сапробности
р. Рожайка ниже пос. Домодедово (3)	1,85
устье р. Рогожки (5)	1,88
устье р. Злодейки (7)	2,24
р. Рожайка около пос. Любучаны (12)	1,96
р. Тюннокова (13)	2,01

Кроме синезеленых в достаточно большом количестве развивались также зеленые водоросли (27 % общей численности и 46 % общей биомассы). Видовое разнообразие зеленых водорослей было выше – 11 видов, разновидностей и форм. Субдоминантами по биомассе оказались 2 вида зеленых водорослей: *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Vreb. и *Golenkinia radiata* Chod.

Фитоперифитон

Для видового состава водорослей обрастаний в оба сезона было характерно высокое представительство диатомовых, второе место занимали зеленые, третье – синезеленые. Единично встречались представители красных водорослей. В ноябре–декабре 2011 г. обнаружено 67 видов из 5 разделов, в августе 2012 – 38 видов из 4 разделов. Характер биоценозов обрастания в любом створе водотока позволяет судить о среднем загрязнении воды за определенный промежуток времени, предшествующий исследованию. Результаты сапробиологического анализа по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека за оба сезона (XI–XII 2011 г. и VIII 2012 г.) на р. Рожайке представлены в табл. 6.

Индексы сапробности воды на исследованных створах в основном соответствуют бета-мезасапробной зоне, т. е. среднему уровню органического загрязнения. Лишь только самые верховья р. Рожайки в районе пос. Любучаны за два периода соответствовали олигосапробной зоне – слабой степени органического загрязнения.

Классификатор качества воды по перифитону [6] относит воду р. Рожайки и ее притоков ко второму и третьему классам качества, а степень загрязненности как «чистая» в верховьях и «умеренно загрязненная» на всем оставшемся протяжении.

В 2011 г. в устье р. Рожайки видовой состав перифитонных водорослей насчитывал 33 таксона: 75 % составляли диатомовые, 19 % – зеленые, 6 % – оставшиеся виды. Наиболее многочисленными в пробе были клетки *Selenastrum bibreianus* из зеленых и *Oscillatoria amphibia* из синезеленых.

В августе 2012 г. видовой состав обрастаний на всей р. Рожайке с образующими притоками был таксономически небогат. Всего было обнаружено

Таблица 6. Сапробиологическая оценка воды в створах р. Рожайки

Станция наблюдения	Индекс сапробности		Зона сапробности
	XI–XII 2011 г.	VIII 2012 г.	
(12) р. Рожайка у пос. Любучаны	1,44	1,40	Олигосапробная
(13) р. Тюнюкова, ниже плотины пруда близ пос. Молоди	2,03	1,94	β-мезосапробная
(7) устье р. Злодейка у пос. Долматово	1,77	1,92	β-мезосапробная
(3) р. Рожайка, устье	1,93	1,97	β-мезосапробная

Таблица 7. Сапробиологическая оценка воды р. Рогожки

Станция наблюдения	Индекс сапробности		Зона сапробности
	XI–XII 2011 г.	VIII 2012 г.	
р. Рогожка у дер. Слащево	–	1,80	β-мезосапробная
р. Рогожка выше д. Пузиково	–	1,4	олигосапробная
устье р. Рогожки	1,92	2,09	β-мезосапробная

23 вида водорослей. На завершающем створе р. Рогожки (5) около пос. Тургенево представители диатомовых водорослей были самыми многочисленными (*Cyclotella menegheniana* Kutz.) Также массово были представлены *Merismopedia tenuissima* Lemm. из синезеленых водорослей. Результаты сапробиологического анализа воды р. Рогожки представлены в табл. 7. Большая часть р. Рогожки находится в β-мезосапробной зоне.

Макрозообентос

Анализируя результаты исследования изменения биоразнообразия макробеспозвоночных в бассейне р. Рожайки (табл. 8), можно констатировать, что донные сообщества здесь трансформированы в разные по структуре биоценозы, характеризующие различный уровень антропогенного воздействия на водные экосистемы. Если макрозообентоценоз в створах 7 и 12 можно назвать

Таблица 8. Изменение биоразнообразия макробеспозвоночных в бассейне р. Рожайки в ноябре 2011 г. (в числителе) и августе 2012 г. (в знаменателе) по участкам

Номер створа, река	Общее количество таксонов	Количество таксонов по основным группам животных								
		Oligochaeta	Hirudinea	Mollusca	Chironomidae	Diptera, кроме хирономид	Plecoptera + Ephemeroptera	Coleoptera	Trichoptera	Остальные
(3) р. Рожайка	$\frac{17}{22}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{14}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$
(5) р. Рогожка	$\frac{16}{21}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{1}$
(7) р. Злодейка	$\frac{41}{41}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{3}{2}$
(12) р. Рожайка	$\frac{28}{37}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{2}{2}$
(13) р. Рожайка	$\frac{18}{13}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{2}$
(16) р. Рогожка	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{0}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$
(19) р. Рогожка	$\frac{1}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{2}$
(28) р. Каменка	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

близким к естественному природному фону, то в створах 3, 16 и 19 он существенно трансформирован из-за умеренного, но постоянного загрязнения воды биогенными веществами, ионами тяжелых металлов и СПАВ.

Для оценки состояния экосистем по биотическим методам использовались 3 широко апробированных и хорошо зарекомендовавших себя метода биоиндикации, основанные на информации о макрозообентосе: индекс трофической комплектности [6, 7], Бельгийский биотический индекс [8, 9] и метод ВМWP' [10]. Среди использованных методов ИТК отличается наименьшей вариабельностью. Оценки по остальным методам существенно флуктуируют, поскольку привязаны к индикаторным видам макрозообентоса. По результатам биотических оценок, рассчитанных по трем описанным ранее методам, был построен график (рис. 12).

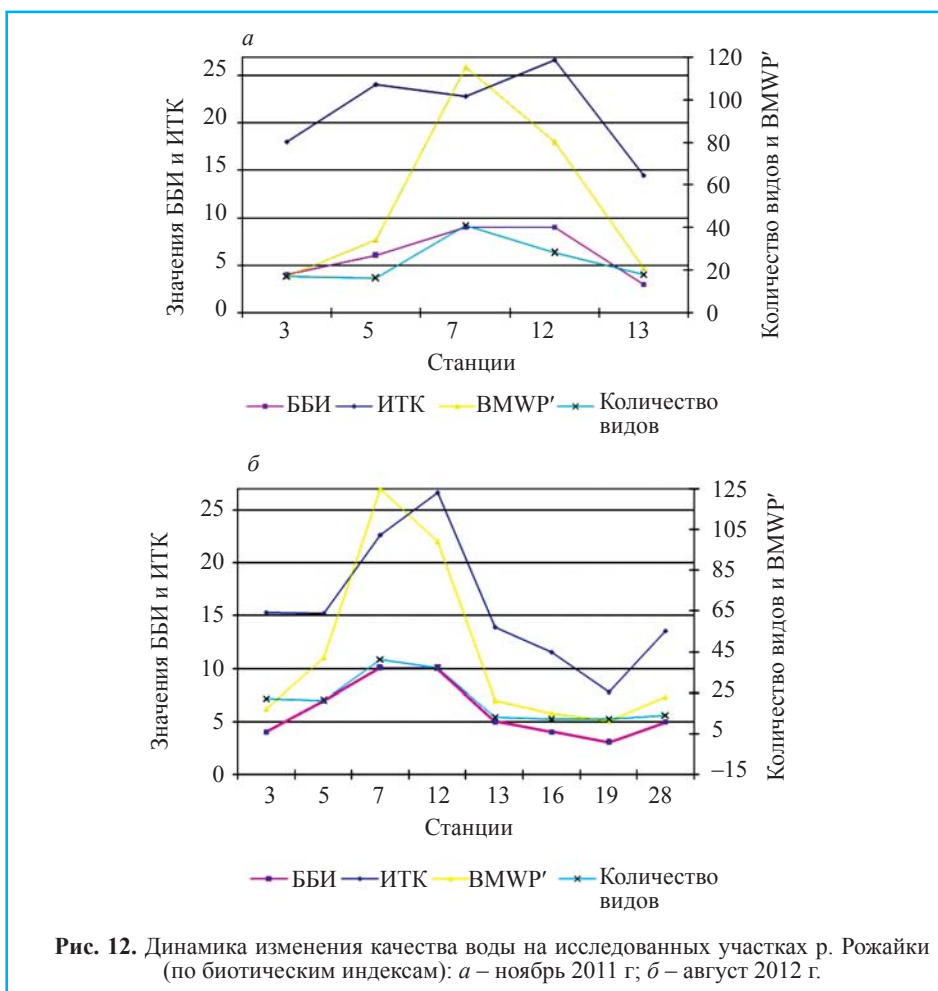


Таблица 9. Классы качества воды по биотическим индексам в ноябре 2011 г. (в числителе) и августе 2012 г. (в знаменателе)

Номер створа, река	ББИ	ВМWP'	ИТК	Средний балл
(3) р. Рожайка	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3,67}{3,67}$
(5) р. Рогожка	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3,00}{2,67}$
(7) р. Злодейка	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1,33}{1,33}$
(12) р. Рожайка	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1,67}{1,67}$
(13) р. Рожайка	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3,67}{3,33}$
(16) р. Рогожка	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{4}$	$\bar{4,33}$
(19) р. Рогожка	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{4}$	$\bar{4,33}$
(28) р. Каменка	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{3}$	$\bar{3,33}$

Анализируя результаты расчета биотических индексов, можно отметить, что худшими они оказались для рек бассейна р. Рогожки (створы 16 и 19), где все индексы существенно понижаются, подтверждая предположение об интенсивном загрязнении воды реки комплексными стоками. Низкое видовое разнообразие на фоне падения биотических индексов указывает на наличие эффекта токсичности воды. При этом значения функционального индекса ИТК на створе 5 в ноябре и створе 12 в августе остаются достаточно высокими, что указывает на отсутствие необратимых изменений в структуре донных биоценозов этих створов.

Для корректного сопоставления полученных результатов представлены значения биотических индексов в 5-балльной системе оценок состояния водных экосистем (табл. 9). Картограмма экологического состояния рек бассейна р. Рожайки по оценкам биотических индексов приведена на рис. 13.

Санитарное состояние р. Рожайки и устьевых участков ее притоков

К санитарно-показательным организмам, имеющим большое санитарное и эпидемиологическое значение, относятся возбудители кишечных инфекций, колифаги и колиформные бактерии.

К возбудителям кишечных инфекций относятся эшерихиозы, брюшной тиф, паратифы, сальмонеллезы, дизентерия и холера. В семейство входят



большая группа полипатогенных видов, т. е. вызывающих заболевания как у человека, так и у животных, и непатогенные виды, значительная часть которых составляет нормальную микрофлору организма человека и животных.

Колифаги – группа бактериофагов (вирусы, бактерии), которые заражают бактериальную клетку, размножаются в ней и убивают ее. Колифаги могут быть использованы как индикаторы и из-за их большой персистентности (способности сохранять жизнь вне тела «хозяина»). Присутствие ко-

лифагов в водном объекте свидетельствует о поступлении органического (фекального) загрязнения, их отсутствие является показателем эффективной очистки сточных вод.

Колиформные бактерии относятся к классу грамотрицательных бактерий, имеющих форму палочек, в основном живущих и размножающихся в нижнем отделе пищеварительного тракта человека и большинства теплокровных животных. В воду попадают, как правило, с фекальными сточными водами и способны выживать в ней в течение нескольких недель, хотя и лишены в подавляющем большинстве случаев способности к размножению. Условно в этой группе выделяют две подгруппы: термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) и общие колиформные бактерии (ОКБ).

ТКБ представляют собой группу колиформных организмов, способных ферментировать лактозу при 44–45 °С и включают род *Escherichia*. ТКБ поддаются быстрому обнаружению и поэтому играют важную вторичную роль при оценке качества воды. Обнаружение бактерий ТКБ в воде свидетельствует о свежем фекальном поступлении и близком источнике загрязнения.

ОКБ представляют собой группу колиформных организмов, включающих рода *Klebsiella*, *Enterobacter* и *Citrobacter*, обладающих высокой персистенностью, способных выживать в воде в течение нескольких недель. Наличие в воде ОКБ является показателем более давнего (до несколько недель) фекального поступления и относительной удаленности источника загрязнения.

По ОКБ и ТКБ как в зимнюю, так и в летнюю межени большинство исследуемых участков р. Рожайки не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 для поверхностных вод (табл. 10). Отсутствие колиформных бактерий в воде было отмечено только в зимнюю межень на створах р. Злодейки. Возбудители кишечных инфекций и колифаги в зимнюю межень не были обнаружены на всех исследуемых участках. К лету ситуация по содержанию колифагов ухудшилась. Данная группа организмов была обнаружена на участках 1, 3, 10, 11. Максимальное количество колифагов отмечено в верховьях р. Рожайки ниже пос. Зыкеево. На этом участке превышение количества колифагов над допустимым уровнем составляло 21 раз.

Максимальное количество (>24 000) колиформных бактерий за оба периода исследования отмечено в притоках р. Рожайки – реках Песочина, Рогожка и в самых низовьях р. Рожайки, ниже г. Домодедово. Присутствие на данных исследуемых участках высокого количества ТКБ в воде свидетельствует о близком источнике загрязнения фекалиями. Одновременно наличие в воде высокого количества ОКБ свидетельствует о хроническом фекальном загрязнении рассматриваемых участков. В эпидемиологическом отношении данные участки являются крайне неблагополучными. Вода на них непригодна не только для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, но данные участки также непригодны и для рекреационного использования.

Таблица 10. Результаты бактериологических исследований состояния р. Рожайки и ее притоков

Створ наблюдений	Показатели	Единицы измерений	Результаты испытаний		Величина допустимого уровня
			02.2012	08.2012	
1	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	54	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	100
2	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	100
3	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	66	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	100
4	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	1300	230	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	1300	230	100
5	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	230	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	<50	100
6	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	100
7	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено	2400	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено	230	100
8	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено	230	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено	230	100
9	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	<50	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	<50	100

Продолжение табл. 10.

Створ наблюдений	Показатели	Единицы измерений	Результаты испытаний		Величина допустимого уровня
			02.2012	08.2012	
10	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	66	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	24000	230	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	24000	230	100
11	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	210	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	24000	>24000	100
12	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	24000	>24000	100
13	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	60	<50	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено	<50	100
14	ВКИ		Не обнаружено	Не обнаружено	Отсутствие
	Колифаги	БОЕ/100 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	10
	ОКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	500
	ТКБ	КОЕ/100 см ³	>24000	>24000	100

В верховьях р. Рожайки и в р. Тюнюкова микробиологические показатели удовлетворительны или незначительно превышают санитарные нормы. Исключение составила точка № 14 в зимний период. Здесь содержание как ОКБ, так и ТКБ было катастрофически высоким (>24 000). Данный факт связан с отсутствием в это время течения воды на этом участке р. Тюнюкова.

Микробиологические показатели воды в р. Злодейка на всех исследуемых участках в зимний период соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». Данный факт свидетельствует о благополучном санитарном состоянии данного притока р. Рожайки. В летний период микробиологические показатели ухудшились. На обоих исследуемых участках р. Злодейки отмечено появление колиформных бактерий в количествах выше установленных санитарных норм. Максимальное количество ОКБ отмечено в устье р. Злодейки (ст. 7), где превышение санитарных норм составило 4 раза.

Несмотря на негативные эпидемиологические летние изменения, р. Злодейка является наиболее благополучной по микробиологическим показателям среди исследуемых участков.

Анализ полученной выше информации показал, что наибольшее негативное влияние на состояние р. Рожайки оказывает р. Рогожка со всей совокупностью притоков и процессов на водосборе.

В связи с этим первоочередным мероприятием должна быть разработана программа по улучшению состояния р. Рогожки. Ее разработку должны предварять те же исследования, которые были проведены по р. Рожайке.

Результаты исследований будут изложены в «Сообщении 2» данной публикации.

Работа осуществлена по инициативе представителей местного населения и фонда «Чистые реки», которые финансировали проведение исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов А.Н., Дерябин В.Н. К концепции восстановления водохранилищного фонда и поверхностных водоисточников питьевого назначения РФ // Мат-лы Междунар. науч. конф. «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия». Томск, 2000. С. 631–636.
2. Вагнер Б.Б., Клевкова И.В. Реки московского региона. М.: МГПУ, 2003. 215 с.
3. Грюнберг Г.Ю. География Московской области. М. 1961. 225 с.
4. Оксюк О.П., Зимбалева Л.Н., Протасов А.А., Плигин Ю.В., Ляшенко А.В. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос // Гидробиол. журн. 1994. Т. 30. № 4. С. 31–35.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
6. Pavluk T.I., Abraham bij de Vaate, Heather A. Leslie. Development of an Index of Trophic Completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing waters // Hydrobiologia 427: Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 135–141.
7. Разработка методики определения различных типов загрязнения рек с помощью макрозообентоса. Ч. 2 // Отчет о НИР / рук. А.Н. Попов, ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург, 1998.
8. De Pauw N. Biological assessment of Surface Water Quality: the Belgian Experience / La qualita delle acque superficiali. Criteri per una metodologia omogenea di valutazione. Atti del Convegno internazionale. Riva del Garda. Pallazzo dei Congressi: 28–29 Aprile 1988.
9. De Pauw N., Vanhooren G. (1983) Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. Hydrobiologia 100: 153–68.
10. Alba-Tercedor J. & Sanchez-Ortega A. Un metodo rapido y simple para evaluar le calidad biologica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978) // Limnetica. 1988. Vol. 4. P. 51–56.

Сведения об авторах:

Попов Александр Николаевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: pan1944@rambler.ru

Павлюк Тимур Евгеньевич, канд. биол. наук, заведующий сектором гидробиологических исследований, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: T.Pavluk@rambler.ru

Мухутдинов Валерий Фаметдинович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: muhutdinov1@rambler.ru

Ушакова Ольга Сергеевна, инженер, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: darilindan@gmail.com

Фоминых Алексей Сергеевич, научный сотрудник, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: fominyh82@mail.ru

Бутакова Елена Анатольевна, ведущий инженер, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: butakova77@mail.ru