

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ОКСКОГО БАССЕЙНА

Мажайский Ю.А.* , Гусева Т.М.**

* ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия,
mail@mntc.pro

**Рязанский медицинский университет им. академика И.П. Павлова, г. Рязань,
Россия, guseva.tm@bk.ru

Carried out complex researches of the major component of landscape Oka river of pool – the small river, testify to a significant anthropogenous load on it ecological system, the caused agricultural activity to what testify raised content heavy metals in superficial and subsoil waters and hydrobiological parameters.

Введение

Многолетние наблюдения за состоянием крупных рек России свидетельствуют о сохраняющейся тенденции ухудшения гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного и продолжительного антропогенного воздействия. Одними из приоритетных загрязняющих веществ гидросферы являются тяжелые металлы (ТМ), источники которых - сточные воды и сток с поверхности почвы [1].

Река Ока – наиболее крупный приток р. Волги и главный водоток Рязанской области. Бассейн р. Оки включает 895 малых и средних рек, общей протяженностью 105255 км [2]. Вода реки Оки оценивается как «загрязненная». Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками Окских вод не в состоянии оценить реальную экологическую ситуацию, складывающуюся в бассейне р. Оки, так как не охвачены мониторингом малые реки, которые во многом определяют качество воды в ней.

Основная часть малых и средних рек региона протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, являясь компонентом преобразованных ландшафтов, и испытывает значительную антропогенную нагрузку, так как именно эти водные объекты принимают стоки с сельскохозяйственных земель, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако загрязнение водных источников Окского бассейна ТМ в результате эксплуатации агроландшафтов на территории Рязанской области не достаточно изучено и является актуальной проблемой.

Основная часть

С целью выявления степени загрязнения ТМ поверхностных вод малых рек Окского бассейна проводится многолетний мониторинг на экологическом полигоне – крупномасштабной природной модели, созданной для проведения комплексных исследований, оценки степени воздействия антропогенных нагрузок на состояние экосистем и получения информации, необходимой для решения проблем рационального природопользования, как на локальном, так и региональном уровнях [3]. Экологический полигон имеет площадь 3000 га и представляет собой ландшафт лесостепной зоны, типичный для Мещерской низменности. Структурно он представлен следующими элементами: пашня, пастбище, орошаемые и осушаемые земли, дачные участки, лес, акватория. На территории исследуемого

ландшафта находится малая река, непосредственно связанная с водной системой р. Оки, которая и явилась объектом исследований.

Программа наблюдений включает оценку экологического состояния поверхностных и грунтовых вод, гидробиологические исследования. Отбор проб воды проводится по стандартным методикам. Определение валового содержания ТМ в воде и растительности проводится методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В рамках мониторинга был осуществлен также гидробиологический и микробиологический анализ поверхностных вод модельного ландшафта [4].

Исследуемый водоем в течение длительного времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования на опытном ландшафте системы орошения, искусственного дренажа, наличия дачных участков, земель частного использования. Водный объект является коллектором, принимающим с ландшафта как поверхностный, так и внутрпочвенный сток. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоема.

На протяжении ряда лет в рамках проводимого мониторинга содержания ТМ в воде опытного водоема ежемесячно отбирались пробы воды в 3 створах: 1 – исток (гидрометрический пост 1), 2 – дренажный сток (гидрометрический пост 2), 3 – место впадения в водную систему р. Оки (гидрометрический пост 3). Содержание тяжелых металлов в водном объекте представлено в таблице 1.

Можно отметить, что концентрация Pb находится в пределах предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов ($ПДК_{р/х}$), а содержание Cd, Cu и Zn в ряде случаев превышает этот показатель. Содержание Cu и Zn, находится в пределах предельно допустимых концентраций для водоемов санитарно-бытового назначения ($ПДК_{с/б}$), но наблюдается превышение данного норматива по Cd и Pb. Концентрация Pb в основном в осенне-зимний период больше ПДК для оросительной воды.

Следовательно, сложившаяся ситуация на водоеме, принимающем только стоки с земель сельскохозяйственного использования, представляет потенциальную экологическую опасность для Окского бассейна, о чем свидетельствует содержание ТМ в воде на замыкающем створе, то есть наблюдается эффект суммирования содержания загрязняющих веществ загрязнителей на замыкающем створе и неспособность водоема к процессам самоочищения.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в воде малой реки, 10^{-3} мг/л (по данным многолетних наблюдений)

Створы наблюдений	Cu	Zn	Pb	Cd
Исток (ГП 1)	1,0 - 10,0	1,1 - 218,0	0,8 - 36,7	0,1 - 6,5
	3,2	11,8	8,7	1,6
Дренажный сток	0,6 - 61,0	0,3 - 221,0	2,0 - 33,3	0,2 - 7,2
	3,4	14,6	9,3	1,7
Место впадения в водную систему р. Оки	0,5 - 13,2	0,9 - 72,3	2,7 - 23,3	0,5 - 6,5
	3,7	23,1	9,6	2,0
$ПДК_{р/х}, 10^{-3}$ мг/л	1	10	100	5
$ПДК_{с/б}, 10^{-3}$ мг/л	1000	1000	30	1
$ПДК_{в\ оросит.\ воде}, 10^{-3}$ мг/л (по Бездниковой С.Я.)	200	1000	30	10

*Примечание: в числителе - пределы колебаний, в знаменателе средние концентрации.

Анализ информации, полученной в ходе мониторинга, позволил установить, что максимум содержания Cd в воде отмечается в зимний период, минимум – летний. Наименьшее содержание Zn – февраль-март, максимальная концентрация – январь, май-июнь, ноябрь. В динамике содержания Cu и Pb отмечалась следующая зависимость: наименьшие их концентрации – февраль-март, рост содержания до мая, затем постепенное снижение концентрации в летний период и увеличение содержания элементов в осенне-зимний период с максимумом в декабре.

Сезонное изменение концентрации ТМ в воде объясняется влиянием атмосферных осадков, постепенной седиментацией водных взвесей, адсорбирующих ТМ, а также аккумуляцией ТМ водной биотой, которая, отмирая осенью, обогащает воду ТМ.

На территории экополигона пробурены скважины для определения уровня и качества грунтовых вод. Скважины расположены в наиболее типичных местах ландшафта, перпендикулярно водному объекту. Отбор проб воды проводился по 4 скважинам: 7, 8, 13, 14 – наиболее приближенным к водному объекту (расстояние от 7 скважины до малой реки – 140 м, от 8 скважины – 400 м, от 13 скважины – 110 м, от 14 скважины – 500 м) и перехватывающим подземный приток с территории ландшафта. Результаты определения концентраций ТМ в грунтовых водах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в грунтовых водах, 10^{-3} мг/л* (по данным многолетних наблюдений)

№ скважины	Cu	Zn	Pb	Cd
7	1,0 - 5,2	0,9 - 20,0	2,0 - 22,0	1,0 - 4,5
	3,7	5,8	10,3	2,2
8	0,8 - 20,0	1,3 - 58,0	1,5 - 32,0	0,4 - 5,5
	4,7	24,9	10,4	2,2
13	1,1 - 14,8	0,9 - 516,7	2,5 - 40,7	0,8 - 4,6
	3,5	58,6	10,8	2,6
14	0,7 - 5,6	0,7 - 46,0	2,1 - 20,0	0,5 - 2,0
	3,3	19,6	7,7	1,2

Примечание: в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – среднее значение концентраций.

Полученные данные показывают, что в содержании ТМ в грунтовых водах, так же, как и в воде водоема, наблюдается определенная зависимость. Для Cu, Pb, Cd – увеличение концентрации в грунтовой воде с апреля по июль, для Zn – с марта по апрель. Затем концентрация ТМ в грунтовых водах постепенно снижается и достигает минимума в августе. С августа наблюдается постепенное увеличение концентраций ТМ во всех скважинах и достигает своего максимального значения – в декабре, затем – постепенное снижение до марта-апреля. Такое распределение концентраций ТМ в грунтовых водах зависит как от природных, так и от антропогенных факторов.

Повышение концентрации ТМ в весенний период можно объяснить таянием снежного покрова, в котором происходит значительное накопление ТМ [5]. Проникая в почву, снеговые осадки приносят значительное количество ТМ в

грунтовые воды. В летний период источником ТМ в грунтовых водах могут явиться также и дождевые осадки, однако содержание поступления ТМ в этот период наименьшее, по-видимому, в этот период активно развиваются растения, потребляющие почвенную влагу, а следовательно, и находящиеся в ней ТМ. В осенне-зимний период идет постепенное нарастание концентрации ТМ в грунтовых водах, именно в это время в почве происходит разложение растительных остатков, которые содержат определенное количество ТМ.

Исследования по изучению гидрогеологического режима опытного ландшафта, проводившиеся ранее, показали, что поверхностный сток отсутствует, скважина № 7 перехватывает приток грунтовых вод, который попадает непосредственно в водоем с орошаемых земель, пастбища и пашни, скважина № 8 – с осушаемых земель, скважина № 13 – с дачных участков, скважина № 14 – с лесного массива. Таким образом, сетью 4 скважин перехватывается весь возможный приток воды с исследуемого ландшафта.

Проведенные нами наблюдения позволили сделать следующие выводы: наименьшее содержание ТМ характерно для грунтовых вод, поступающих от лесного массива, наибольшее – для грунтовых вод, формирующихся в районе дачных участков, пашни, пастбища, орошаемых земель. Причем для грунтовых вод, поступающих с дачных участков, характерно доминирование Zn, Pb, что является доказательством наибольшей антропогенной нагрузки именно на этот элемент ландшафта.

Проведенные исследования грунтовых вод позволяют сделать вывод, что территории сельскохозяйственного использования также являются источником поступления ТМ в водные потоки, причем доминирующими в этом процессе являются земли частного использования, во внутрпочвенных стоках которых содержится наибольшее количество ТМ.

Одним из информативных показателей антропогенной нагрузки на водные экосистемы является качественный состав гидробионтов, претерпевающий существенные изменения под влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав гидробионтов можно рассматривать как индикатор экологического состояния водных объектов, так как поступление загрязняющих веществ в водоем, в том числе и ТМ, вызывает диспропорцию в развитии отдельных видов гидробионтов, что приводит к нарушению взаимоотношений в экосистеме, вследствие чего происходит замена одних видов другими, более приспособленными к сложившимся условиям.

С целью определения видового разнообразия биоты исследуемого водоема был проведен гидробиологический анализ (табл. 3). Сравнение табличных данных со списком организмов-индикаторов сапробности показало, что большая часть обнаруженных в водном объекте гидробионтов принадлежит к β -мезосапробам, что соответствует 2 классу чистоты вод, но в то же время в изучаемом водном объекте присутствуют и полисапробы (жгутиковые, личинки хирономид), что указывает на существующее загрязнение воды. Присутствие в воде жгутиковых и инфузорий указывает на ухудшении условий обитания. Таким образом, обеднение видового состава гидробионтов исследуемого водоема является адекватным показателем его загрязнения.

Таблица 3 – Приоритетные виды гидробионтов в исследуемом водоеме

Представители гидробионтов	Основные виды
Водоросли: Диатомовые (Bacillariophyta) Сине-зеленые (Cyanophyta) Зеленые (Chlorophyta)	Synedra, Navicula, Melosira Anabena Scenedesmus
Простейшие: Жгутиковые (Flagellata) Инфузории (Ciliata)	Euglena, Bodo, Monas Paramecium, Lionotus, Oxytricha, Vorticella (con- ica), Didinium, Epistylis (bimarginata)
Многоклеточные беспозвоноч- ные: Веслоногие раки (Copepoda) Личинки хирономид (Chironomus)	Cyclops Chironomus plumosus
Высшие водные растения: Погруженные Плавающие Воздушно-водные	Elodea canadensis Lemna Phragmites australis
Моллюски: Брюхоногие (Gastropoda)	Limnaea auricularia

В воде природных водоемов и водотоков содержится большое количество микроорганизмов, способствующих самоочищению этих экосистем. Исследование влияния ТМ на автохтонные бактерии воды является актуальным на сегодняшний день. В рамках мониторинга, проводимого на территории экологического полигона, был разработан и проведен микробиологический эксперимента с водой, имеющей различный диапазон загрязнения. Для охвата диапазона загрязнения воды были разработаны 3 варианта опыта (табл. 4).

Таблица 4 – Схема микробиологического эксперимента

Металл	Варианты опыта (содержание ТМ в воде, мг/л)			
	Контроль (исходная вода)	1 (3 ПДК)*	2 (6 ПДК)	3 (9 ПДК)
Cu	0,0019	0,0011	0,0041	0,0071
Zn	0,004	0,026	0,056	0,086
Pb	0,0064	0,2936	0,5936	0,8936
Cd	0,002	0,013	0,028	0,043

*ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Вода, отобранная из водного объекта, расположенного на территории экополигона, исследовалась на общее микробное число. Исследования проводились по стандартной методике. Результаты эксперимента приведены в таблице 5.

Количество колоний, выросших на чашках Петри, равняется числу микробов, содержащихся в 1 мл исследуемой воды (т.к. одна бактерия образует одну колонию).

Таблица 5 – Результаты исследования воды на общее микробное число

Варианты опыта	Концентрация ТМ в воде, мг/л	Количество колоний			
		1	2	3	Среднее количество
1	Контроль	280	303	338	307 ± 1,11
2	3 ПДК	28	29	29	29 ± 0,02
3	6 ПДК	20	19	27	22 ± 0,15
4	9 ПДК	14	18	16	6 ± 0,12

Как видно из таблицы, во всех трех повторностях наблюдается резкое уменьшение количества колоний, выросших на чашках, при увеличении концентрации вносимых металлов. Причем, начиная с концентрации 3 ПДК, общее микробное число снижается на порядок, что свидетельствует о гибели различных видов микроорганизмов, наиболее чувствительных к данным концентрациям. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что между степенью загрязнения воды водного объекта и количеством бактерий существует обратная сильная взаимосвязь, о чем наглядно свидетельствует значение коэффициента корреляции ($r = -0,8$). Тяжелые металлы, находясь в воде в концентрациях начиная с 3 ПДК, вызывают гибель большинства микроорганизмов, что может негативно отразиться на самоочищающей способности водоема.

Заключение

Проведенные комплексные исследования важнейшего компонента ландшафта Окского бассейна – малой реки, свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на ее экосистему, обусловленной сельскохозяйственной деятельностью, о чем свидетельствует повышенное содержание ТМ в поверхностных и грунтовых водах и гидробиологические показатели. Таким образом, на ландшафтах Окского бассейна, где находится значительное количество подобных водоемов и агроландшафтов, являющихся источниками загрязняющих веществ, складывается потенциально опасная экологическая ситуация.

Список литературы

1. Безднина, С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии / С.Я. Безднина. – М.: Изд-во «Рома». 1997. – 137 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Рязанской области в 2003 году. – Рязань, 2004. – 210 с.
3. Евсенкин, К.Н. Комплекс экологических исследований на экополигоне в бассейне р. Оки / К.Н. Евсенкин, Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Всерос. науч.-практ. конф. – Рязань, 1998. – С. 94–95.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992.
5. Штыков, В.И. Методические основы защиты природных вод от загрязнения при эксплуатации транспортных магистралей / В.И. Штыков, Ш.Т. Даишев // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: сб. трудов Междун. конгр. – Спб., 2000. – Т. 2. – С. 154–156.