



УДК 504.4.054

ЛЕКАРСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ВХОДЯЩИХ В ВОЛЖСКУЮ СИСТЕМУ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОСКВЫ

Козлова Мария Алексеевна, к.г.н., заведующий лабораторией
Институт водных проблем Российской академии наук
119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВП РАН тема № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий».

Аннотация. В работе представлены результаты исследования лекарственного загрязнения водных объектов, входящих в Волжскую систему питьевого водоснабжения Москвы. Показано, что отбор проб воды необходимо проводить исходя из расположения источников загрязнения, поскольку на распределение загрязнения влияют факторы природной среды и физико-химические свойства веществ. Для регулярного мониторинга предлагается использование не только ВЭЖХ-МС, но и более простых, на столько же эффективных методов, например, иммуноферментный анализ. Результаты исследований показывают наличие в водной среде самых разных лекарственных веществ, таких как антибиотики, нестероидные противовоспалительные средства, психостимуляторы и пр.

Ключевые слова: Волжская система водоснабжения, источники загрязнения, качество вод, лекарственное загрязнение, мониторинг.

Для российского водного хозяйства актуальность проблемы загрязнения поверхностных, питьевых и сточных вод ксенобиотиками, включая лекарственные вещества, связана с малой изученностью, отсутствием аттестованных аналитических методик их определения и нормативно установленных значений предельно допустимых концентраций. Между тем, в коммунально-бытовых и в некоторых производственных сточных водах присутствует множество различных групп фармацевтических веществ и их метаболитов, остатки средств личной гигиены, стероиды и другие. Концентрации таких веществ обычно не превышают 1 мг/л, находясь, в среднем, в диапазоне 10 – 100 нг/л [1, 2]. Неконтролируемое поступление органических ксенобиотиков в окружающую среду может приводить к возникновению негативного влияния на биоту и человека.

К основным источникам первичного лекарственного загрязнения принято относить сточные воды промышленных производств, больниц, коммунально-бытовых стоков и стоков с объектов сельского хозяйства. При этом именно недостаточно очищенные коммунально-бытовые сточные воды являются основным источником загрязнения,

поскольку традиционные методы очистки воды являются мало эффективными. Лекарственные вещества могут накапливаться в объектах окружающей среды и при определенных условиях высвобождаться, являясь при этом вторичным загрязнением.

Проведенные ранее экспедиционные исследования показали, что обнаружение органических ксенобиотиков, включая лекарственные вещества, без соотнесения мест отбора проб к источникам загрязнения бывает затруднительным ввиду сильного разбавления и низких концентраций определяемых компонентов. При этом мало изучены процессы миграции и трансформации таких веществ в водной среде и донных отложениях.

Поскольку количество лекарственных веществ составляет по некоторым данным более 14,7 тыс. [3], понятно, что из всего их многообразия для мониторинга необходимо выбирать приоритетные, основываясь на их распространении/использовании на данной территории. При этом можно учитывать сезонность, например, отдавая предпочтение противовирусным и антибактериальным препаратам, антибиотикам в осенне-зимние месяцы, т.е. в период повышенной заболеваемости населения ОРВИ и гриппом. Кроме того, можно ориентироваться и на то, есть ли на территории производства лекарств, специальные медицинские учреждения, например, онкологические центры, которые производят или используют конкретные лекарства всесезонно. Например, в онкологических или туберкулезных центрах используются высокотоксичные препараты, которые при хроническом воздействии могут быть опасны для человека или гидробиоты.

Экспериментальные исследования по оценке содержания лекарственных препаратов в природных водах проводились в 2016–2019 гг. Для выбора мест проведения отбора проб был составлен список крупных городов, сброс сточных вод которых преимущественно производится в водные объекты, входящие в Волжскую систему питьевого водоснабжения Москвы. Это города Дмитров, Дубна, Конаково, Тверь (рис. 1). Отбор проб воды осуществлялся батометром-бутылкой непосредственно в зоне слияния потока очищенных сточных вод и водного объекта. Для сравнения пробы отбирались в эпидемиологически благоприятный и неблагоприятный периоды - в августе и феврале.

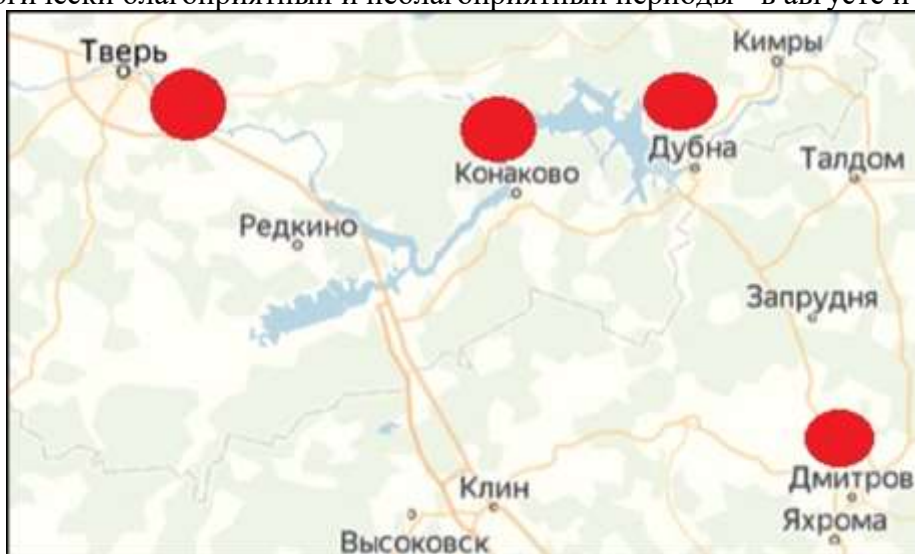


Рис.1. Места отбора проб.

Анализ выполнялся в ЗАО «РОСА» в соответствии с аттестованной методикой НДП 30.1:2:129-2014 «Методика определения содержания лекарственных препаратов в питьевых и природных водах методом ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектированием». В пробах воды определялось содержание следующих веществ: кофеин, напроксен, сульфаметаксазол, триметоприм, атенолол, дексаметазон, офлоксацин и эритромицин. Измерение концентраций лекарственных препаратов проводилось методом ВЭЖХ/МС/МС на хроматографе Eksigent Ekspert UltraLC и масс-детекторе AB SCIEX 4500 фирмы AB SCIEX (Канада).

Как видно из таблицы (табл. 1) только для напроксена и офлоксацина заметны более высокие концентрации в зимний период, чем в летний. Для сульфаметоксазола такие тенденции не прослеживаются. Кроме того, только в зимний период обнаружен триметоприм, т.е. в целом можно сделать вывод о целесообразности проведения аналитических исследований посезонно с привязкой к периодам вспышек заболеваемости населения.

Таблица 1

Результаты определения компонентов лекарственных средств в 2016, 2019 и 2020 гг.

Место и дата обнаружения		Канал Старая Яхрома, зона сброса очищенных сточных вод г. Дмитров	Северная канавка, зона сброса очищенных сточных вод г. Дубна	Иваньковское водохранилище, Мошковический залив, зона сброса очищенных сточных вод г.Конаково	Ручей Перемерки (впадение в р. Волгу), зона сброса очищенных сточных вод г. Твери	
Концентрация, мг/л	Кофеин	С.2016	200	27,6 ±7,5	-	-
		Ф.2019	26030	Н.п.	Н.п.	-
		А.2019	27600	426	4280	-
		Ф.2020	40700	266	-	-
	Напроксен	С.2016	9,60 ±4,70	3,60 ±2,52	-	-
		Ф.2019	298	Н.п.	Н.п.	2,10 ±1,47
		А.2019	31±9,9	-	-	-
		Ф.2020	754	73 ±23,4	-	-
	Атенолол	С.2016	-	-	-	-
		Ф.2019	-	Н.п.	Н.п.	-
		А.2019	29±13,0	13 ±5,8	16±7,2	-
		Ф.2020	-	-	-	-
	Офлоксацин	С.2016	11,6 ±6,4	1,70 ±1,17	1,5 ±1,04	7,20 ±3,96
		Ф.2019	-	Н.п.	Н.п.	245 ±135
		А.2019	-	-	-	-
		Ф.2020	366±201	-	-	36,0±19,8
	Сульфаметоксазол	С.2016	48,2 ±27,0	227	239	189
		Ф.2019	-	Н.п.	Н.п.	167
		А.2019	139	128	58±32,5	52±29,1
		Ф.2020	-	2,70±1,51	12,0±6,7	-
Триметоприм	С.2016	-	-	-	-	
	Ф.2019	-	Н.п.	Н.п.	22,0 ±7,9	
	А.2019	-	-	-	-	
	Ф.2020	-	-	-	-	

«С.» - сентябрь, «Ф.» - февраль, «А.» - август.
«-» означает, что вещество не обнаружено или его концентрация ниже предела обнаружения (офлоксацин <1; сульфаметоксазол <0,5; триметоприм <0,5; эритромицин <1).
«Н.п.» - означает, что в указанном месте отбор проб не проводился.

Кроме того, в 2018 и 2019 гг. образцы воды исследовались в лаборатории биоконъюгатов отдела иммунологии НИИ вакцин и сывороток имени И.И. Мечникова, где применялись системы непрямого конкурентного иммуноферментного анализа с использованием антител, специфичных к гентамицину, левомецитину и антибиотикам группы макролидов. Концентрацию искомого антибиотика в пробе определяли по калибровочным кривым, полученным в соответствующих системах анализа для стандартных растворов гентамицина, левомецитина и эритромицина. Результаты приведены в таблице (табл. 2).

**Концентрации антибиотиков (группа макролидов) в 2018 и 2019 гг.,
определенные методом ИФА [4]**

Место обнаружения	Концентрация, мкг/л		
	Август 2018 г.	Февраль 2019 г.	Август 2019 г.
Канал Старая Яхрома, зона сброса очищенных сточных вод г. Дмитров	0,730±0,0403	2,95±1,378	5,91±0,178
Северная канавка, зона сброса очищенных сточных вод г. Дубна	0,047±0,0041	Н.п.	4,74±0,0651
Иваньковское водохранилище, Мошковический залив, зона сброса очищенных сточных вод г.Конаково	0,105±0,0093	Н.п.	0,177±0,0025
Ручей Перемерки (впадение в р. Волгу), зона сброса очищенных сточных вод г. Твери	0,075±0,0011	5,52±0,325	0,169±0,0105
«Н.п.» - означает, что в указанном месте отбор проб не проводился			

Анализ показал более высокие концентрации антибиотиков в пробах февраля 2019 г. Для летнего периода в целом заметен рост концентраций антибиотиков в пробах, что может свидетельствовать о более активном использовании данных лекарственных препаратов населением.

Таким образом, показано, что коммунально-бытовые сточные воды являются основным источником лекарственного загрязнения.

В настоящее время определение лекарственных веществ не входит в задачи государственного мониторинга водных объектов, хотя с 2021 г. для 11 лекарств установлены из значения ПДК. При этом остается вопрос по каким методикам и в каких лабораториях будет осуществляться данный контроль, поскольку нормативно-утвержденных аналитических методик пока не существует.

Список литературы:

1. Kümmerer K. Pharmaceuticals in the environment — a brief summary // Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effects and Risk. – Berlin: Springer. – 2008. – P. 3–22;
2. Pharmaceuticals in Marine and Coastal Environments. Occurrence, Effects and Challenges in a Changing World // Edited by: J.C. Durán-Álvarez, B.Jiménez-Cisneros. – Elsevier. – 2021. – 702 p. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-01459-0>
3. DRUGBANK ONLINE. Режим доступа: [<https://go.drugbank.com/stats>]
4. Козлова М.А., Гальвидис И.А., Буркин М.А. Особенности лекарственного загрязнения водных объектов - источников питьевого водоснабжение Москвы (на примере некоторых антибиотиков) // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 8. – С. 87-91.

PHARMACEUTICAL POLLUTION OF WATER BODIES INCLUDED IN THE VOLGA DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM OF MOSCOW

Maria A. Kozlova

Abstract. The paper presents the results of a study of pharmaceutical pollution of water bodies included in the Volga drinking water supply system of Moscow. It is shown that water sampling should be carried out based on the location of pollution sources, since environmental factors and the physicochemical properties of substances influence the distribution of pollution. For regular monitoring, it is proposed to use not only HPLC-MS, but also simpler, equally effective methods, for example, enzyme immunoassay. The research results show the presence in the aquatic

environment of a variety of pharmaceutical substances, such as antibiotics, non-steroidal anti-inflammatory drugs, psychostimulants, etc.

Keywords: Volga water supply system, pollution sources, water quality, pharmaceutical pollution, monitoring.