

УДК 504.4.054 (470.3)

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ВОДЫ ИЗ Р. МОЛОГА (ТВЕРСКАЯ ОБЛ.)

А.Ф. Мейсурова

Тверской государственной университет, Тверь

С помощью метода АЭС-ИСП в пробах воды из р. Молога определено содержание 13 металлов (Al, B, Ba, Bi, Ca, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Pb, Sb). Концентрация четырех элементов (Al, Mg, Mn, Pb) оказалась выше нормативных значений ПДК_р. Содержание других элементов (B, Bi, Ba, Ca, Fe, K, Li, Na, Sb) не превышает ПДК_р. Высокие концентрации элементов отмечены в пробах из Бежецкого р-на, где сосредоточены основные источники загрязнения.

Ключевые слова: метод АЭС-ИСП, металлы, река Молога, загрязнение, Тверская область.

Введение. Тверская обл. имеет развитую гидрологическую сеть, которая включает свыше 800 рек и ручьев общей протяженностью 17 тыс. км. В области находится исток и верхнее течение р. Волги, куда впадают различные притоки. Одним из крупных левых притоков р. Волга на территории области является р. Молога, берущая свое начало в дер. Ключевая (Максатихинский р-н Тверской обл.). Извилистая река течёт в Бежецкий р-н, делая там петлю и вновь возвращается в Максатихинский р-н, пересекая его с востока на запад (Река Молога, 2012). Далее река уходит в Лесной р-н Тверской обл., а затем в Новгородскую и Вологодскую области, где в Рыбинском вдхр. сливается с Волгой. Значительное число промышленных предприятий разных отраслей в Максатихинском и Бежецком р-нах определяют высокий уровень загрязнения реки и ее притоков в пределах области.

Согласно данным Тверского ЦГМС 2011–2012 гг. значения удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) р. Молога в пос. Максатиха (контрольный створ) составили 2,43 и 2,91 соответственно, что соответствует классу качества воды 3а – загрязненная (Зими́на, Кузовлев, 2012). Значение УКИЗВ для р. Молога в г. Бежецка не приведено. Однако известные значения УКИЗВ для ее притока в г. Бежецк – р. Остречина (5,95 и 3,41 соответственно, классы 4а и 3б – грязная и очень загрязненная), косвенно указывают на неудовлетворительное состояние р. Молога. В этой связи актуально

проведение современных исследований по оценке содержания металлов р. Молога в Бежецком и Максатихинском р-нах Тверской обл.

Целью настоящего исследования было обнаружение и определение концентраций металлов в р. Молога в пределах Бежецкого и Максатихинского р-нах Тверской обл. В задачи работы входило (1) определение сети пунктов наблюдения на р. Молога, (2) отбор проб воды, (3) анализ содержания металлов с помощью атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой (АЭС–ИСП).

Методика. Исследования проводили в Бежецком и Максатихинском р-нах Тверской обл. в начале летнего периода 2014 г. Пробы воды отбирали в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» (Вода ..., 2000).

При выборе пунктов отбора (ПО) проб учитывали возможное загрязнение со стороны предприятий, которые осуществляют забор и сброс воды в р. Молога. Общее число пунктов отбора проб воды – 7 (рис. 1; табл. 1). В Бежецком р-не ПО (1–3) служили места в верх по течению от г. Бежецка, в самом городе, а также вместе впадения р. Остречина в р. Молога. На территории Максатихинского р-на ПО (4–7) располагались вверх по течению от пос. Максатиха (2 км), в самом посёлке и вниз по течению от него (0,6 и 2 км).

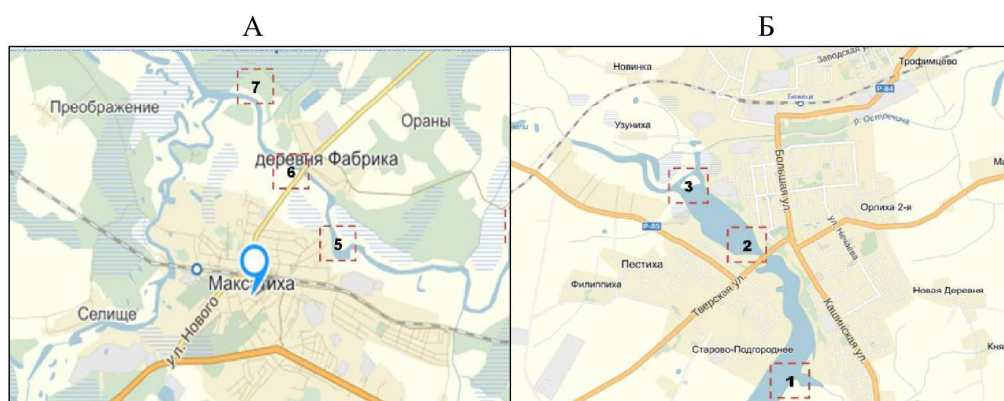


Рис. 1. Сеть пунктов отбора проб воды в Максатихинском (А) и Бежецком (Б) р-нах (ПО 1–7)

В лабораторных условиях проводили АЭС-ИСП проб воды. Определение содержания металлов проводили с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой iCAP 6300 Duo (Thermo Scientifia, USA) в Центре коллективного пользования ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (ПНДФ., 1998). Повторность измерений каждой пробы воды была 10-кратная. Обработку данных для получения средних величин осуществляли с помощью компьютерной программы «MS Excel 2003», а также

использовали специальную литературу (Светозаров, 2005). На рисунках 2 и 3 представлены средние арифметические значения определяемых величин. Полученные значения концентраций металлов в лишайниках сравнивали со значениями ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов (ПДК_р) (Перечень..., 1999; Нормативы..., 2010).

Результаты и обсуждение. С помощью метода АЭС-ИСП в пробах из р. Молога в пределах Бежецкого и Максатихинского р-нов (ПО 1–7) было обнаружено 13 элементов – алюминий (Al), бор (B), барий (Ba), висмут (Bi), кальций (Ca), железо (Fe), калий (K), литий (Li), магний (Mg), марганец (Mn), натрий (Na), свинец (Pb), сурьма (Sb) (табл. 2). Большинство элементов, кроме бора и сурьмы, отмечены в пробах всех ПО. Бор обнаружен в пробах ПО 1–5, а сурьма – ПО 4, 6–7 в пределах Максатихинского р-на.

Количественный анализ проб воды р. Молога показал, что концентрация 4 элементов (Al, Mg, Mn, Pb) превышает значения ПДК_р в пробах отдельных ПО. Во всех пробах воды концентрация марганца (ПО 1–7) выше нормативных значений. Отмечено превышение установленного норматива по свинцу для большинства проб воды из р. Молога (ПО 1–5). На уровне нормативного значения в пробах из Бежецкого р-на (ПО 1–2) находится концентрация магния и алюминия.

Концентрация марганца в пробах воды р. Молога варьирует от 0,012 до 0,054 мг/л, что выше нормативного значения (рис. 2; табл. 2). Больше всего марганца содержится в пробах ПО 4–5 (2,7–5,4ПДК_р), меньше всего – в пробах из Бежецкого р-на (ПО 1–3).

Содержание свинца в пробах воды р. Молога колеблется от 0,002 до 0,01 мг/л (рис. 2; табл. 2). Превышение нормативных значений по свинцу отмечено в большинстве взятых проб (ПО 1–5). Максимальная концентрация отмечена в пробах ПО 3 и 5 (1,7 ПДК_р), минимальная в пробах из ПО 6 и 7.

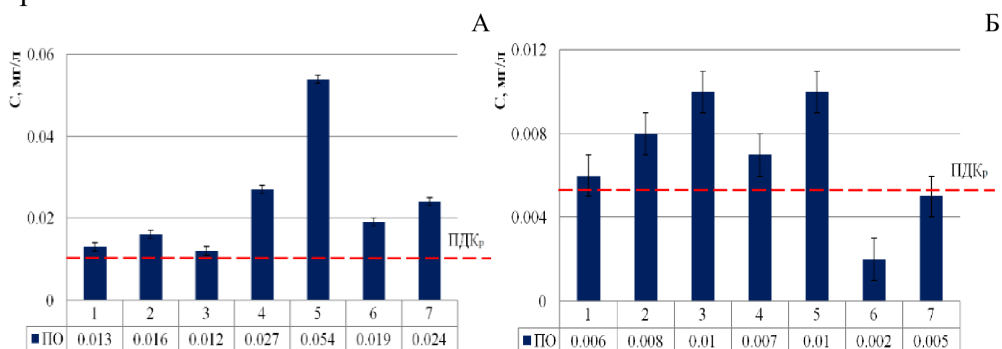


Рис. 2. Концентрация марганца (А) и свинца (Б) в пробах из р. Молога (ПО 1–7)

Таблица 1

Характеристика пунктов отбора проб

Район	ПО	Координаты	Расположение	Потенциальные источники
Бежецкий	1	57°46'18,58"с.ш. 36°41'26,21"в.д.	вверх по течению, 1 км от г. Бежецк.	сточные воды от опытно-экспериментального завода ООО «БОЭЗ», автотранспорта
	2	57°46'43,83"с.ш. 36°41'7,24"в.д.	г. Бежецк, ул. Тверская (у моста)	
	3	57°47'35,06"с.ш. 36°41'21,46"в.д.	г. Бежецк, место впадения притока р. Остречина в р. Молога (у моста)	смыв с сельскохозяйственных полей, где используются удобрения
Максатихинский	4	57°48'8,9"с.ш. 35°56'53,4"в.д.	вверх по течению р. Молога от п. Максатиха, 2 км (у дер. Кузнецы)	сточные воды от компрессорного завод ОАО «Бежецкий АСО», ООО «БОЭЗ», талые воды несвязанных частиц почвы, азота и т.д.
	5	57°47'56,3"с.ш. 35°53'53,65"в.д.	п. Максатиха, ул. Мологская, 41 (у городской бани).	сточные воды от производства древесноволокнистой плиты – ООО «Интерфорест», а также ОАО «Бежецкий АСО», ООО «БОЭЗ», талые воды несвязанных частиц почвы, азота и т.д.
	6	57°48'34,99"с.ш. 35°53'21,66"в.д.	вниз по течению р. Молога от пос. Максатиха, 0,6 км (у моста в дер. Фабрики)	сточные воды от автотранспорта, ООО «Интерфорест», ОАО «Бежецкий АСО», ООО «БОЭЗ»; возможно попадание нефтепродуктов
	7	57°49'4,7"с.ш. 35°52'39,02"в.д.	вниз по течению р. Молога от пос. Максатиха, 2,0 км (за пионерским лагерем «Лесная сказка»)	сточные воды от ООО «Интерфорест», ОАО «Бежецкий АСО», ООО «БОЭЗ».

Таблица 2
Значения концентраций элементов в р. Молога (ПС 1–7) и нормативные показатели этих элементов, мг/л

№ ПЮ / Элемент	1	2	3	4	5	6	7	ПДК _р
Al	0,042±0,0008	0,045±0,0003	0,031±0,0003	0,006±0,0006	0,018±0,0006	0,007±0,0004	0,006±0,0004	0,04
B	0,024±0,0005	0,023±0,0004	0,011±0,0004	0,008±0,0004	0,012±0,0003	–	–	0,5
Ba	0,029±0,0007	0,029±0,0005	0,021±0,0004	0,01±0,0001	0,01±0,0001	0,005±0,0002	0,008±0,0003	0,74
Bi	0,005±0,0002	0,004±0,0003	0,0002±0,00008	0,0002±0,00002	0,004±0,0007	0,003±0,0003	0,003±0,001	0,1
Ca	107,36±0,067	106,86±0,084	96,26±0,096	98,2±0,072	93,8±0,079	56,24±0,029	60,31±0,053	180
Fe	0,08±0,002	0,09±0,001	0,05±0,005	0,01±0,004	0,08±0,0008	0,02±0,002	0,05±0,0002	0,1
K	1,5±0,001	1,46±0,002	1,31±0,001	2,06±0,0019	2,38±0,0022	0,063±0,0005	0,098±0,0001	50
Li	0,016±0,0008	0,016±0,0007	0,012±0,0005	0,003±0,0002	0,003±0,0002	0,004±0,0003	0,004±0,0002	0,08
Mg	40,7±0,024	40,73±0,027	35,67±0,029	31,72±0,037	30,26±0,027	19,96±0,008	20,42±0,022	40
Mn	0,013±0,0002	0,016±0,0001	0,012±0,0007	0,027±0,001	0,054±0,001	0,019±0,001	0,024±0,0006	0,01
Na	11,07±0,023	10,85±0,018	8,85±0,015	11,6±0,037	13,29±0,014	6,90±0,01	7,56±0,015	120
Pb	0,006±0,0008	0,008±0,0006	0,01±0,0001	0,007±0,001	0,01±0,002	0,002±0,0008	0,005±0,0009	0,006
Sb	–	–	–	0,002±0,0003	–	0,001±0,0003	0,002±0,0003	0,01

Концентрация магния в пробах воды р. Молога варьирует от 19,96 до 40,73 мг/л (рис. 3; табл. 2). Максимальная концентрация магния на уровне нормативного значения отмечена в пробах Бежецкого р-на (ПО 1–2), минимальная – в пробах из Максатихинского р-на (ПО 6–7).

Концентрация алюминия в пробах воды р. Молога колеблется от 0,006 до 0,045 мг/л (рис. 3; табл. 2). Как и магния, максимальная концентрация алюминия на уровне нормативного значения отмечена в пробах из Бежецкого р-на (ПО 1–2), минимальная – в пробах ПО 4, 6–7.

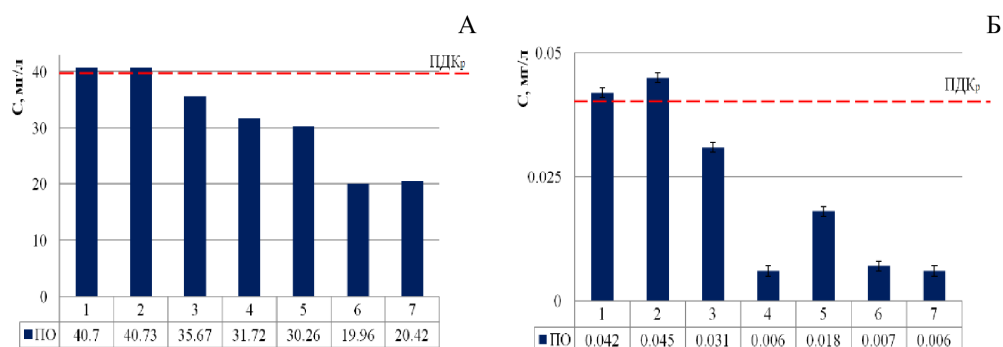


Рис. 3. Концентрация магния (А) и алюминия (Б) в пробах из р. Молога (ПО 1–7)

Количественный анализ проб воды р. Молога показал, что концентрации других 9 элементов (В, Вi, Ва, Са, Fe, К, Li, Na, Sb) не превышают нормативные значения. Однако следует отметить, что наибольшие концентрации таких элементов, как В, Вi, Ва, Са, Fe и Li отмечены в пробах из Бежецкого р-на, а наименьшие – в пробах из Максатихинского р-на (табл. 2).

Результаты количественного анализа обнаруженных элементов в пробах из Бежецкого и Максатихинского р-нов указывают, что источники загрязнения локализованы в г. Бежецк. Высокие концентраций элементов в пробах ПО 1–2, как на уровне нормативных значений, так и превышающие их, обусловлены влиянием сточных вод предприятий г. Бежецк, которые осуществляют забор и сброс воды. Например, опытно-экспериментального завода ООО «БОЭЗ», который ближе всех находится к местам отбора вышеупомянутых проб. Сточные воды других предприятий г. Бежецка, располагающиеся вниз по течению р. Молога, также вносят вклад в загрязнение воды. В литературе отмечается, что загрязнение может быть связано со сбросами, осуществлявшимися ранее и накопившимися в донных отложениях (Тихомиров, 2012). Удаленность ПО 6–7 Максатихинского р-на от основных потенциальных источников загрязнения воды определяет низкое содержание элементов в пробах воды.

Заключение. С помощью АЭС-ИСП в р. Молога было обнаружено 13 элементов: из них концентрация 4 элементов (Al, Mg, Mn, Pb) в пробах превышает значения ПДК_р. Превышение нормативных значений по марганцу характерно для всех проб (ПО 1–7), по свинцу – для большинства проб (ПО 1–5), алюминию и магнию – только для проб Бежецкого р-на (ПО 1–2). Сточные воды предприятий г. Бежецк определяют высокие концентрации и других элементов (B, Bi, Ba, Ca, Fe, K, Li, Na, Sb), содержание которых, правда, не превышает ПДК_р.

Список литературы

- ГОСТ Р 51592-2000 Вода.* 2000. Общие требования к отбору проб / 2001–07–01М.: ИПК Издательство стандартов. 57с.
- Зимина Т.Ю, Кузовлёв В.В.* 2013. Мониторинг окружающей среды в Тверской области в системе Росгидромета // Охрана окружающей среды в Тверской области: матер. Тверской регион. конф. по охр. окруж. ср. Тверь: изд-во Управление Росприроднадзора по Тверской обл. С. 34-37.
- Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // Приказ росрыболовства от 18.01.2010. № 20.*
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение // Приказ Госкомрыболовства РФ, № 96 от 28.04.1999 «О рыбохозяйственных нормативах».*
- ПНДФ 14.1:2:4.135-98 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой».* М. 1998.
- Река Молога // В Максатихе. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://vmaksatihe.ru/spravochnik/turizm/dostoprimechatelnosti/reka-mologa.html> (дата обращения: 01.08.2015).*
- Светозаров В.В.* 2005. Основы статистической обработки результатов измерений: учеб. пос. М.: Изд-во МИФИ. 40 с.
- Тихомиров О.А.* 2012. Мониторинг экологического состояния реки Остречины // Вестн. ТвГУ. Сер.: География и геоэкология. Вып. 30. С. 36-46.

**ANALYSIS OF METALS CONCENTRATIONS
IN THE MOLOGA RIVER (TVER REGION)**

A.F. Meysurova

Tver State University, Tver

Concentration of 13 metals (Al, B, Ba, Bi, Ca, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Pb, Sb) is defined in the Mologa river by means of ICP-AES. Concentrations of 4 metals (Al, Mg, Mn, Pb) are higher than the standard maximum allowed concentration (MAC). Concentrations of other metals (B, Bi, Ba, Ca, Fe, K, Li, Na, Sb) are below the allowed level. The highest concentrations of metals are recorded from Bezhetsk District, where the main agents of pollution are situated.

Keywords: *ICP-OES, metals, Mologa river, pollution, Tver region.*

Об авторе

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: alexandrauraz@mail.ru

Мейсурова А.Ф. Анализ содержания металлов в пробах воды из реки Молога (Тверская область) / А.Ф. Мейсурова // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2015. № 4. С. 205-212.