

ИНДИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РЕК ЮЖНОГО УРАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Аннотация.

Актуальность и цели. В настоящее время качество природных вод в основном оценивается физико-химическими методами по кратности превышения предельно допустимой концентрации содержания в них загрязнителей. Но ряд гидрохимических анализов относительно дорог, и не всегда они дают интегральную оценку биологического качества вод. Поэтому актуальной задачей является изучение отклика водной биоты на антропогенное загрязнение природных водотоков для индикации содержания загрязнителей в водах и замены ряда химических анализов на более дешевые биологические анализы. Цель работы – анализ возможности использования высшей водной растительности для индикации антропогенного загрязнения вод в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала.

Материалы и методы. Анализ постоянства (в долях единицы) 12 видов из группы высшей водной растительности проводился в районах 17 государственных водопостов, находящихся на реках, протекающих по территории Южного Урала с 2007 по 2016 г. В качестве химических характеристик на створах использовались показатели содержания в речных водах соединений марганца, никеля и железа, нефтепродуктов, фенолов, азота аммонийного, меди, цинка, сульфатов, хлоридов, азота нитритного.

Результаты. Впервые изучена динамика встречаемости видов водных растений на изученных участках рек Южного Урала. Выявлены сильные положительные и отрицательные корреляционные связи между постоянством некоторых видов водных растений с рядом гидрохимических показателей. Рассчитаны линейные регрессионные модели для возможности индикации концентрации загрязнителей в речных водах по показателю встречаемости ряда видов из группы высшей водной растительности.

Выводы. Сочетание гидробиологических и гидрохимических анализов, по-видимому, позволит выявлять наиболее влияющие на водную флору загрязнители, что очень важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработать рекомендации по замене ряда химических анализов на более дешевые биологические анализы.

Ключевые слова: высшая водная растительность, Южный Урал, постоянство видов, гидрохимические загрязнители, индикация.

В. Ю. Чаус

INDICATION OF CHEMICAL WATER POLLUTION OF RIVERS IN THE SOUTH URAL USING THE HIGHER AQUATIC FLORA

Abstract.

Background. Now the quality of natural waters is generally estimated by physical and chemical methods on frequency rate of excess of maximum-permissible

concentration of maintenance of pollutant at them. But a number of hydrochemical analyses concerning rivers and not always they give an integral assessment of biological quality of waters. Therefore, a relevant task is studying of a response of a water biota to anthropogenic pollution of natural water currents for indication of maintenance of pollutant in waters and replacement of a number of chemical analyses by cheaper biological analyses. The work purpose – the analysis of a possibility of use of the higher aquatic flora for indication of anthropogenic pollution of waters during environmental monitoring of the rivers of South Ural.

Materials and methods. The analysis of constancy (in unit shares) 12 views from group of the highest water vegetation was carried out in regions of 17 state water posts which are on the rivers flowing across the territory of South Ural from 2007 to 2016. The content indexes of such compounds in river waters as manganese, nickel and iron, oil products, phenols, nitrogen ammoniyny, coppers, zincum, sulfates, chlorides, a nitrite nitrogen were used as chemical characteristics on alignments.

Results. It is the first time when the dynamics of water plant species occurrence in the studied sections of rivers of the South Ural has been studied. The strong positive and negative correlative connections between constancy of some species of water plants with a number of hydrochemical parameters are revealed. The linear regression models for a possibility of indication of concentration of pollutant in river waters on an index of occurrence of a number of views from group of the highest water vegetation are calculated.

Conclusions. The combination of hydrobiological and hydrochemical analyses, apparently, will allow to reveal the pollutant who are most influencing water flora that is very important for acceptance of the technology solutions on a sewage disposal dumped to the rivers of South Ural and to develop recommendations about replacement of a number of chemical analyses by cheaper biological analyses.

Key words: higher aquatic flora, South Ural, constancy of types, hydrochemical pollutants, indication.

Введение

Контроль качества вод рек осуществляется в настоящее время в основном посредством химических и физико-химических методов. Однако ряд гидрохимических анализов относительно дорог, и не всегда они дают интегральную оценку биологического качества вод. Этих недостатков лишены биологические методы (биоиндикация и биотестирование) оценки качества вод [1], для реализации которых разработано большое количество индексов и приемов, хорошо проанализированных в [2, 3] и в ряде других публикаций. Однако большинство из используемых показателей заканчиваются констатацией уровня загрязнения водного объекта по принципу – «чисто», «грязно» и т.п., но проблема влияния на биоту загрязнителей, поступающих в поверхностные воды со сточными водами, остается открытой. Решение этой проблемы, по-видимому, будет возможным лишь при объединении гидрологических, физико-химических и биологических подходов, используемых в ходе экологического мониторинга вод. Создание долговременных региональных баз данных не только по результатам гидрологических и гидрохимических, но и гидробиологических исследований позволит выявить региональные индикаторные виды и степень их реагирования на сбрасываемые в воды химические вещества и их соединения. Подобную работу, очевидно, можно организовать в районах государственных водопостов (а не на произвольно выбранных участках рек), где систематически проводятся гидрологические и гидрохимические наблюдения.

Южный Урал и прилегающие к нему территории обладают хорошо развитой гидрологической сетью. Водная растительность тесно связана с гидрологическими особенностями водоема, размерами и морфометрией котловины, химическим составом вод, характером и распределением донных отложений и рядом других факторов [4]. Исходя из этого, можно отметить, что в реках Южного Урала необходима первоочередная работа по изучению характера распределения высшей водной растительности. Как, например, показали ранее проведенные исследования [5], для реки Белой в верхнем и среднем ее течениях характерна нимфеидно-элодеидная зона. Здесь прибрежно-водные макрофиты образуют разнообразные по структуре и биотопической приуроченности сообщества. Наряду с одноярусными ассоциациями нимфеидов и элодеидов встречаются двухярусные группировки, состоящие из ценобионтов двух этих зон. На ряде створов нимфеиды вместе с элодеидами образуют довольно значительные заросли, которые, по-видимому, являются мощным биофильтром, задерживающим взвешенные частицы, биогенные вещества и органику [6].

Цель данной работы – анализ возможности использования высшей водной растительности для индикации антропогенного загрязнения вод в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала.

Для достижения цели с 2007 по 2016 г. решались следующие задачи:

- анализ постоянства представителей прибрежной высшей водной растительности (ВВР) в районах 17 государственных водопостов, находящихся на реках, протекающих по территории Южного Урала:

- анализ связи встречаемости видов ВВР с гидрохимическими показателями.

Материалы и методы

Анализ динамики встречаемости представителей прибрежной ВВР в районах 17 государственных водопостов (рис. 1), находящихся на реках Южного Урала, осуществлялся в летнюю межень с 2007 по 2016 г.

На каждом створе исследования проводились на 10 участках (расстояние между участками составляло 100–150 м) с песочно-галечным грунтом.

Для оценки постоянства (встречаемости) видов на биотопах вычислялся показатель « P » (доля) – отношение числа участков, на которых был встречен изучаемый вид, к общему числу участков на створе (в нашем исследовании $n = 10$).

Категории постоянства видов определялись по материалам учебника А. С. Степановских [7]. В зависимости от значения постоянства вида на створе определялись следующие категории: постоянные виды – ($P > 0,5$); добавочные виды – ($P = 0,25–0,5$); случайные виды – ($P < 0,25$). Определение видовой принадлежности ВВР проводилось непосредственно на створе по «Определителю высших растений Башкирской АССР» (1988, 1989) [8]. Сверка латинских названий растений проводилась по материалам С. К. Черепанова (1995) [9].

В качестве гидрохимических показателей использовались данные по среднегодовому содержанию в речных водах соединений марганца (Mn), никеля (Ni) и железа (Fe), нефтепродуктов (Н/п), фенолов (Фен), азота аммонийного (NH_4), меди (Cu), цинка (Zn) [10].

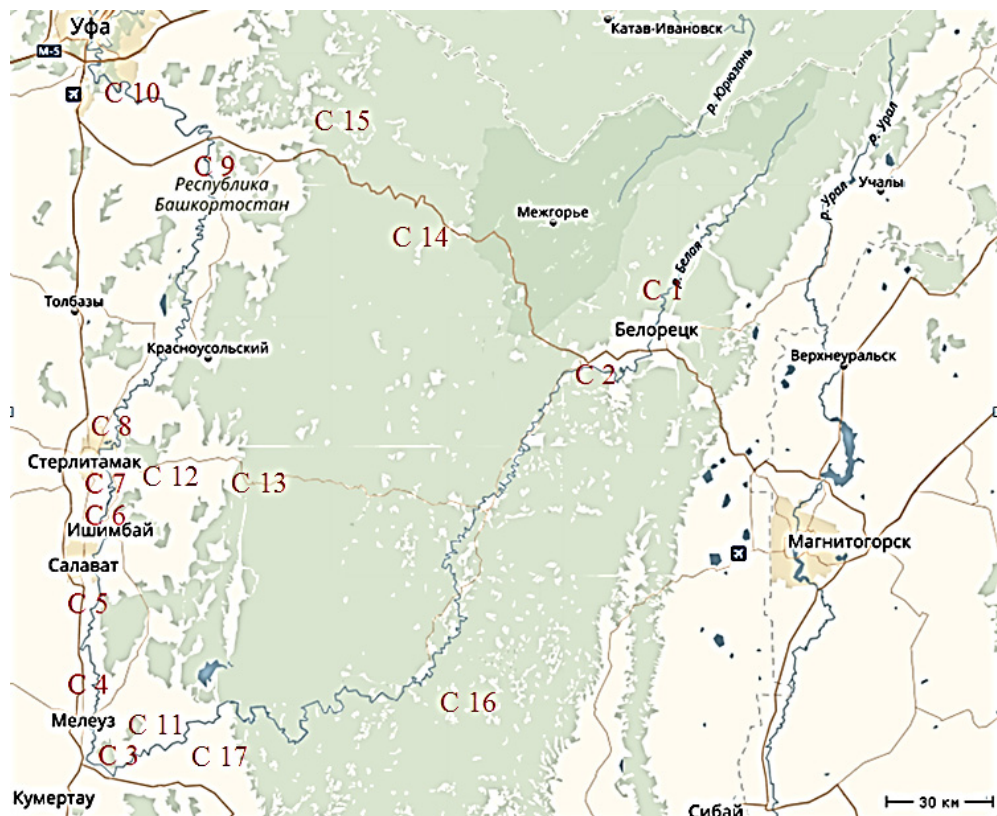


Рис. 1. Места расположения створов C1-C17 на реках Южного Урала и их географические координаты:

	На реке Белой:	широта	долгота
C1	Ж/д ст. «Шушпа»	54.096827	58.499923
C2	Д/о «Арский камень»	53.861158	58.268352
C3	выше г. Мелеуза	52.853895	55.937233
C4	ниже г. Мелеуза	52.978803	55.977960
C5	выше г. Салавата	53.322229	55.991038
C6	ниже г. Ишимбая	53.446660	56.013322
C7	выше г. Sterlitamaka	53.625248	56.021175
C8	ниже г. Sterlitamaka	53.723936	56.087104
C9	ниже п. Прибельский	54.395401	56.456165
C10	выше г. Уфы	54.649890	55.997872
C11	На р. Нугуш	53.022683	56.110847
C12	На р. Ашкадар	53.619521	55.973303
C13	На р. Селеук	53.377575	56.326615
C14	На р. Инзер	54.438901	57.117190
C15	На р. Юрюзань	55.295978	58.088021
C16	На р. Зилаир	52.227616	57.426696
C17	На р. Большой Ик	52.691861	56.576457

Статистическая обработка материала проводилась в прикладной программе MS Excel for Windows. Нормальность распределения показателя встречаемости видов ВВР на створах проверялась по критерию Шапиро – Уилки в программе Statistica 10. Сила связи между встречаемостью гидро-

бионтов и показателями содержания в водах химических поллютантов оценивалась по коэффициенту корреляции Пирсона.

Для проведения регрессионного анализа и интерпретации результатов использовался калькулятор онлайн-сервиса сайта Математического форума Math Help Planet [11]. Все статистические расчеты проводились при уровне значимости $P = 0,05$ (95 %).

Результаты

Всего в ходе исследований на реках Южного Урала было использовано 12 видов высшей водной растительности, принадлежащих к 9 родам, 7 семействам и 2 классам, которые легко определяются по внешним морфологическим признакам (что очень важно для проведения систематических гидро-биологических мониторинговых наблюдений в районах государственных водопостов) и включенных в компьютеризированную базу данных [12].

Систематическая принадлежность видов ВВР,
изученных в ходе исследования за период с 2007 по 2016 г.

Нимфеиды

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Частуховые (Alismataceae Vent., 1799)

Род: Стрелолист (*Sagittaria* L., 1753)

1. *Стрелолист обыкновенный* (*Sagittaria sagittifolia* L., 1753)

Семейство Сусаковые (Butomaceae Mirb., 1804)

Род Сусак (*Butomus* L., 1753)

2. *Сусак зонтичный* (*Butomus umbellatus* L., 1753)

Элодеиды

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Водокрасовые (Hydrocharitaceae Juss., 1789)

Род: Элодея (*Elodea* Michx., 1803)

3. *Элодея канадская* (*Elodea canadensis* Michx., 1803)

Род: Наяда (*Najas* L., 1753)

4. *Наяда морская* (*Najas marina* L., 1753)

Семейство: Рдестовые (Potamogetonaceae Rchb., 1828)

Род: Рдест (*Potamogeton* L., 1743)

5. *Рдест плавающий* (*Potamogeton natans* L., 1753)

6. *Рдест пронзеннолистный* (*Potamogeton perfoliatus* L., 1753)

7. *Рдест курчавый* (*Potamogeton crispus* L., 1753)

8. *Рдест гребенчатый* (*Stuckenia pectinata* (L.) Börner, 1912)

Класс: Двудольные (Magnoliopsida Brongn., 1843)

Семейство: Сланоягодниковые (Haloragaceae R.Br., nom. cons., 1814)

Род: Уруть (*Myriophyllum* L., 1753)

9. *Уруть колосистая* (*Myriophyllum spicatum* L., 1753)

Макрофитопланктон

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Ароидные (Araceae Juss., 1789)

Род: Ряска (*Lemna* L., 1753)

10. *Ряска малая* (*Lemna minor* L., 1753)

Род: Многокоренник (*Spirodela* Schleid., 1839)

11. *Многокоренник* (*Spirodela polyrhiza* Schleid., 1839)

Класс: Двудольные (Magnoliopsida Brongn., 1843)

Семейство: Роголистниковые (Ceratophyllaceae Gray, 1822, nom. cons.)

Род: Роголистник (*Ceratophyllum* L., 1753)

12. Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L., 1753)

Средние показатели встречаемости представителей высшей водной растительности на изученных створах в районах государственных водопостов за период с 2007 по 2016 г. показаны на рис. 2.

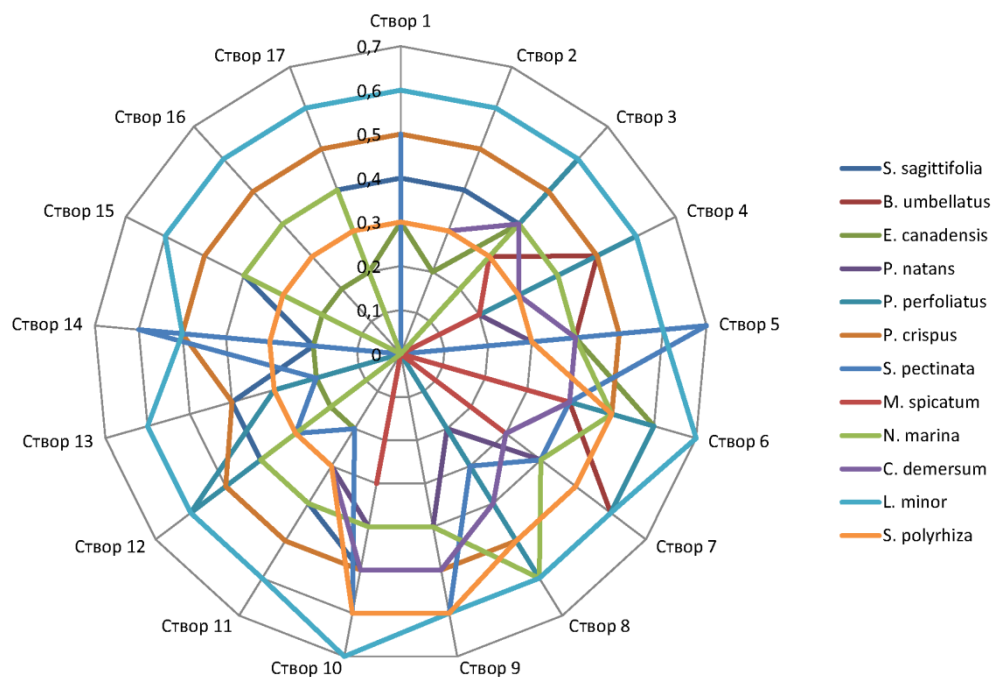


Рис. 2. Среднее постоянство видов ВВР на створах (1–17) рек Южного Урала за период с 2007 по 2016 г.

Анализ тесноты связи между постоянством видов ВВР с гидрохимическими показателями, а также регрессионные модели для индикации уровня содержания поллютантов по показателю постоянства прибрежных растений в реках Южного Урала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Корреляционно(r)-регрессионные (УР) зависимости между постоянством видов ВВР (Y) и гидрохимическими поллютантами в кратности превышения ПДК (x), содержащимися в водах рек Южного Урала*

Y	x	r	УР	R^2	F		A (%)
					$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{табл.}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
Река Белая							
ДО «Арский камень»							
<i>B. umbellatus</i>	Н/п	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,7	23,7	5,0	23,8
<i>C. demersum</i>	Н/п	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,6	14,1	5,0	29,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ниже г. Ишимбай							
<i>P. pectinatus</i>	Fe	-0,8	$Y = -0,1x + 0,6$	0,7	18,4	5,0	21,7
<i>P. lucens</i>	H/п	0,7	$Y = 0,8x - 0,6$	0,5	8,0	5,0	–
Ниже г. Стерлитамака							
<i>P. perfoliatus</i>	Fe	0,7	$Y = 0,1x + 0,2$	0,5	8,1	5,0	17,2
<i>N. marina</i>	Fe	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,6	13,1	5,0	12,6
<i>L. minor</i>	Fe	0,9	$Y = 0,2x - 0,1$	0,8	32,9	5,0	14,6
Выше г. Уфы							
<i>M. spicatum</i>	Fe	-0,8	$Y = -0,2x + 0,5$	0,6	13,5	5,0	28,5
Река Инзер (д. Азово)							
<i>P. pectinatus</i>	Fe	0,7	$Y = 0,2x + 0,2$	0,5	8,5	5,0	23,7
<i>E. canadensis</i>	Фен	0,8	$Y = 0,2x + 0,3$	0,6	17,0	5,0	14,4

Примечание. * r – коэффициент корреляции; R^2 – коэффициент детерминации; F – критерии Фишера; A – средняя ошибка аппроксимации.

Обсуждение

Анализ постоянства видов ВВР в реках Южного Урала показал, что по среднему показателю за период с 2007 по 2016 г. изученные виды растений на створах могут быть как постоянными (среднее значение $P > 0,5$), так и добавочными (среднее значение $P = 0,25-0,4$) и случайными (среднее значение $P < 0,25$) (табл. 2).

Таблица 2

Категории постоянства видов ВВР на створах (1–17) рек Южного Урала за период с 2007 по 2016 г.

Створ	Категория постоянства		
	Постоянные виды	Добавочные виды	Случайные виды
1	2	3	4
1	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
2	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
3	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
4	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>P. natans</i> , <i>M. spicatum</i>

1	2	3	4
5	<i>P. perfoliatus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
6	<i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>M. spicatum</i>
7	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
8	<i>B. umbellatus</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>N. marina</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>P. natans</i>
9	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>N. marina</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i>	
10	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i>	
11	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinata</i>
12	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
13	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinate</i>
14	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinate</i>
15	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
16	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
17	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>

Относительно стабильное постоянство (категория – постоянный вид) на всех изученных створах за годы исследований было характерно лишь для *L. minor*, что, по-видимому, связано с повышенным содержанием биогенных веществ в р. Южного Урала. Присутствие остальных видов ВВР (особенно, *E. canadensis* и *S. pectinate*) в реках Южного Урала обладает значительной динамикой. Такие виды ВВР, как *S. sagittifolia*, *B. umbellatus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*, *S. pectinate*, *C. demersum* и *S. polyrhiza* можно охарактеризовать как добавочные виды в реках Южного Урала. Такой вид, как *M. spicatum*, на ряде створов относится к категории добавочных и случайных видов, что также, по-видимому, связано с экологическими условиями на изученных створах (грунт, скорость течения, химическое загрязнение и т.п.).

Как отмечают А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов [13], такие виды, как *N. marina* и *P. Pectinalis*, являются характерными для водоемов класса хлоридных вод. Массовое развитие рясковых указывает на неблагополучие в экосистеме. Обилие *L. minor* *S. polyrhiza*, помимо эвтрофирования, свидетельствует и о возможном сельскохозяйственном загрязнении. Многокоренник способен развиваться на концентрированных стоках животноводческих комплексов. Локальное интенсивное развитие рясковых указывает на места поступления биогенных веществ в водоемы. О наличии антропогенного воздействия на водные экосистемы свидетельствует сильное увеличение обилия *S. sagittifolia*, *E. canadensis*, *C. demersum* и *M. spicatum*.

По результатам корреляционного анализа связей между постоянством видов ВВР и содержанием в водах загрязняющих веществ можно отметить, что в большинстве случаев отмечается увеличение встречаемости водных растений при увеличении концентрации поллютантов, содержащихся в воде на ряде изученных участках рек Южного Урала ($r = 0,7-0,9$). Так, можно отметить, что проявляется положительное влияние азота аммонийного на увеличение обилия *P. crispus* (р. Белая, р-н ж/д станции «Шушпа»), нефтепродуктов – на *B. umbellatus*, *C. demersum* (р. Белая, ДО «Арский камень») и *P. lucens* (р. Белая, ниже г. Ишимбай) и соединений железа – на *P. perfoliatus*, *N. marina* и *L. minor* (р. Белая, ниже г. Стерлитамака, выше г. Уфы и р. Инзер, д. Азово).

Снижение встречаемости растений при повышении содержания поллютанта (в данном случае соединений железа) в водах рек Южного Урала отмечено для *P. pectinatus* (р. Белая, ниже г. Ишимбай, $r = -0,8$) и *M. spicatum* (р. Белая, выше г. Уфы). Однако по показателю коэффициента детерминации (R^2) можно составить индикационный ряд по степени убывания силы влияния на показатель встречаемости изученных видов водных растений поллютантов, содержащихся в воде рек Южного Урала на показатель: *L. minor* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака) → *B. umbellatus* (содержание нефтепродуктов в р. Белой, ДО «Арский камень»), *P. pectinatus* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Ишимбай) → *C. demersum* (содержание нефтепродуктов в р. Белой, ДО «Арский камень»), *N. marina* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака), *M. Spicatum marina* (содержание соединений железа в р. Белой, выше г. Уфы), *E. canadensis* (содержание фенолов в р. Инзер, п. Азово) → *P. lucens* (содержание нефтепродуктов, в р. Белой, ДО «Арский камень»), *P. perfoliatus* (со-

держание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака) и *P. pectinatus* (содержание соединений железа в р. Инзер, п. Азово).

Статистические данные, представленные в табл. 1, позволят осуществлять индикацию содержания в воде химического поллютанта (в пределах 1 ПДК) по показателю постоянства определенных видов ВВР. Так, например, по показателю встречаемости (постоянства) *P. pectinatus* в р. Белой ниже г. Ишимбая $\approx 0,5$ можно идентифицировать содержание соединений железа на уровне 1 ПДК (0,1 мг/л).

Такой методический подход в проведении индикации антропогенного загрязнения вод посредством изучения встречаемости и обилия высшей водной растительности, по-видимому, является эффективным и позволит выявлять наиболее влияющие на водную флору поллютанты. Это важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработки рекомендаций по замене ряда химических анализов на более дешевые методы биоиндикации.

Заключение

Анализ встречаемости и обилия видов ВВР, произрастающих в реках Южного Урала, показал, что все виды изученных растений на створах могут быть как постоянными, так и добавочными и случайными. Относительное постоянство присутствия в реках Южного Урала характерно для *L. minor*. Присутствие остальных видов ВВР в реках Южного Урала является непостоянным и обладает определенной динамикой.

Наблюдается значительная сила связи между постоянством присутствия в водоемах ряда видов ВВР и химическими поллютантами на разнотипных речных участках. Наиболее перспективным для проведения индикации содержания соединений железа высшим водным растением, по-видимому, можно считать *L. minor* (р. Белая, ниже г. Стерлитамака) и *P. pectinatus* (р. Белая, ДО «Арский камень»), а для индикации содержания нефтепродуктов – *V. umbellatus* (р. Белая, ДО «Арский камень»).

Сочетание гидробиологических и гидрохимических анализов позволяет выявлять наиболее влияющие на водную флору поллютанты, что очень важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработки рекомендаций по замене ряда химических анализов на более дешевые методы биоиндикации.

Библиографический список

1. **Абакумов, В. А.** Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / В. А. Абакумов, Л. М. Суцень // Экологические модификации и критерии экологического нормирования : тр. Междунар. симп. – М., 1991. – С. 41–51.
2. **Булгаков, Н. Г.** Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга / Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В. Н. Максимов // Экологический мониторинг : учеб. пособие / под ред. проф. Д. Б. Гелашвили. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского ун-та, 2003. – Ч. 5. – С. 93–259.
3. **Шитиков, В. К.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

4. Высшие водные растения Беларуси: Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / под общ. ред. Г. С. Гигевич. – Минск : БГУ, 2001. – 231 с.
5. **Чаус, Б. Ю.** Оценка биоэкологического состояния реки Белой (Республика Башкортостан) по показателям обилия высшей водной растительности / Б. Ю. Чаус // *Путь науки*. – 2015. – № 11 (21). – С. 35–39.
6. **Горлова, Р. Н.** Макрофиты-индикаторы состояния водоема / Р. Н. Горлова // *Водные ресурсы*. – 1992. – № 6. – С. 59–73.
7. **Степановских, А. С.** Экология : учеб. для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 288 с.
8. Определитель высших растений Башкирской АССР / Ю. Е. Алексеев, Е. Б. Алексеев, К. К. Габбасов и др. – М. : Наука, 1988. – Ч. 1. – 316 с.
9. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.
10. Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан». – Уфа, 2007–2017. – URL: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (дата обращения: 27.09.2017).
11. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>
12. **Чаус, Б. Ю.** Базы данных для совершенствования экологического мониторинга рек Южного Урала / Б. Ю. Чаус // *Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Стерлитамак, 7–10 июня 2017 г.)* / отв. ред. А. И. Филиппов. – Стерлитамак : Стерлитамакский филиал БашГУ, 2017. – Ч. I. – С. 237–240.
13. **Садчиков, А. П.** Экология прибрежно-водной растительности : учеб. пособие для студентов вузов / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

References

1. Abakumov V. A., Sushchenya L. M. *Ekologicheskie modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya: tr. Mezhdunar. simp.* [Ecological modifications and ecological standardization criteria: proceedings of an International symposium]. Moscow, 1991, pp. 41–51.
2. Bulgakov N. G., Levich A. P., Maksimov V. N. *Ekologicheskiy monitoring: ucheb. posobie* [Ecological monitoring: tutorial]. Nizhniy Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo un-ta, 2003, part 5, pp. 93–259.
3. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii* [Quantitative hydroecology: system identification methods]. Tolyatti: IEVB RAN, 2003, 463 p.
4. *Vysshie vodnye rasteniya Belarusi: Ekologo-biologicheskaya kharakteristika, ispol'zovanie i okhrana* [Higher aquatic flora of Belarus: ecological and biological characteristics, utilization and protection]. Ed. G. S. Gigevich. Minsk: BGU, 2001, 231 p.
5. Chaub B. Yu. *Put' nauki* [The path of science]. 2015, no. 11 (21), pp. 35–39.
6. Gorlova R. N. *Vodnye resursy* [Aquatic resources]. 1992, no. 6, pp. 59–73.
7. Stepanovskikh A. S. *Ekologiya: ucheb. dlya vuzov* [Ecology: teaching aid for universities]. Moscow: YuNITI-DANA, 2001, 288 p.
8. Alekseev Yu. E., Alekseev E. B., Gabbasov K. K. et al. *Opredelitel' vysshikh rasteniy Bashkirskoy ASSR* [The identifier of higher plants of Bashkir ASSR]. Moscow: Nauka, 1988, part 1, 316 p.
9. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)* [Vascular plants of Russia and adjacent states (in the former USSR area)]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p.
10. *Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii prirodnkh resursov i okruzhayushchey sredy respubliki Bashkortostan»* [A state report “On the condition of natural resources and the

- environment of the Republic of Bashkortostan”]. Ufa, 2007–2017. Available at: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (accessed September 27, 2017).
11. Available at: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>
12. Chaus B. Yu. *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v sovremennom vuze : materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Sterlitamak, 7–10 iyunya 2017 g.)* [Topical scientific and educational problems in a modern university: proceedings of III International scientific and practical conference (Sterlitamak, 7th–10th June 2017)]. Sterlitamak: Sterlitamakskiy filial BashGU, 2017, part I, pp. 237–240.
13. Sadchikov A. P., Kudryashov M. A. *Ekologiya pribrezhno-vodnoy rastitel'nosti: ucheb. posobie dlya studentov vuzov* [Ecology of coastal water flora: tutorial for university students]. Moscow: Izd-vo NIA-Priroda, REFIA, 2004, 220 p.

Чаус Борис Юрьевич

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра биологии, Стерлитамакский
филиал Башкирского государственного
университета (Россия, г. Стерлитамак,
проспект Ленина, 49)

E-mail: chaus-str@mail.ru

Chaus Boris Yur'evich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of biology,
Sterlitamak branch of Bashkir State
University (49 Lenina avenue, Sterlitamak,
Russia)

УДК 574

Чаус, Б. Ю.

Индикация химического загрязнения воды рек Южного Урала с использованием высшей водной растительности / Б. Ю. Чаус // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 31–42. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-4.