

## ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА\*

**А.И. Фоменко**

E-mail: fomenko1212@inbox.ru

*ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», г. Вологда, Россия*

**АННОТАЦИЯ:** Исследованы особенности химического состава вод малых рек юго-западной части территории Вологодской области, формирующих речной сток бассейна Рыбинского водохранилища. Большая часть площади водосбора территории представлена болотами и многочисленными озерами, многие из которых являются истоками малых и средних по длине водотоков. Сравнительный анализ ионно-солевого состава вод рек показывает определенное сходство в проявлении зональных особенностей формирования их химического состава. Состав воды рек в его солевой части обусловлен, в основном, природно-климатическими условиями. Воды рек имеют гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав и сравнительно небольшую минерализацию. Статистическая обработка результатов аналитических данных показала высокую корреляционную связь по характеристикам цветности, перманганатной окисляемости и химического потребления кислорода исследованных проб воды. Биогенные вещества, представленные минеральными формами азота и фосфора, в речных водах в пределах исследованного водосборного бассейна определяются близкими значениями концентраций. Установлена единая направленность в распределениях содержаний ионов тяжелых металлов. Из числа ионов тяжелых металлов превышение нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения отмечено по содержанию ионов железа и марганца.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** малая река, химический состав воды, качество воды, биогенные вещества, ионы тяжелых металлов, Рыбинское водохранилище.

Исследование химического состава поверхностных вод, в т. ч. проводимое в рамках экологического мониторинга, рассматривается как один из этапов определения экологических условий территории. При этом практический интерес представляет химический состав поверхностных вод тех бассейнов, где преобладает определенный тип промышленного производства. Однако, создавая предпосылки для предотвращения изменения со-

\* Исследование проведено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 11.9503.2017/8.9

© Фоменко А.И., 2020

става и свойств природных вод и состояния водных экосистем, мониторинг водной среды не охватывает подавляющее большинство малых рек. В то же время известно, что загрязнение больших рек в значительной части обусловлено вкладом разветвленной сети их притоков и хозяйственной деятельностью на территории водосбора.

Проведенное исследование направлено на изучение химического состава малых рек юго-западной части территории Вологодской области, формирующих речной сток бассейна Рыбинского водохранилища. Результаты исследований химического состава воды водохранилища и питающих его трех главных рек – Волги, Мологи и Шексны – опубликованы в работах [1–5]. Состав стока малых и средних рек, называемых боковыми притоками водохранилища, в пределах этой территории остается малоизученным. Территория относится к Молого-Шекснинской низменности, расположена в подзоне южной тайги лесной зоны и характеризуется густой гидрографической сетью. В бассейне Рыбинского водохранилища современное состояние речных систем, в т. ч. их устьевых участков, обусловлено влиянием комплекса факторов техногенного и природного происхождения. Рассматриваемая территория находится в зоне техногенного воздействия промышленных предприятий металлургической, химической, энергетической и других отраслей.

Наиболее крупными реками в пределах юго-западной части территории Вологодской области являются реки Молога, Суда и Шексна. Большая часть площади водосбора этих рек и их притоков, а также других более мелких водотоков, представлена болотами и многочисленными озерами, многие из которых являются истоками малых и средних по длине водотоков. Одной из основных особенностей малых рек является тесная связь формирования их стока с ландшафтом территории водосбора. В соответствии с ландшафтным районированием Вологодской области, территория относится к одному из самых заболоченных Молого-Судско-Аногскому району (доля площади болот от площади территории района 43,53 %) [6]. Здесь располагается одно из самых крупных болот в Европейской части России – Уломское. Ранее выполненными исследованиями озерных и грунтовых вод на этой территории, используемых для питьевого водоснабжения сельских поселений, было показано значительное различие анализируемых проб воды по цвету и интенсивности окраски, перманганатной окисляемости, содержанию ионов железа общего и марганца, ионов кальция и магния [7, 8].

Целью данного исследования, наряду с определением химического состава воды рек, является выявление их гидрохимического типа и оценка соответствия показателей качества требованиям санитарно-гигиенических норм.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор проб воды проведен из русла 15 рек и поверхностного горизонта береговой зоны Рыбинского водохранилища. В исследование включены воды р. Мологи и ее притоков (Шалочь, Ваня, Вочкомка), не подверженные прямым источникам загрязнения, воды рек междуречья (реки Ильмеза, Соренжа, Уломка, Кисовка, Колоденка), р. Суда и ее притоков (Андога, Петух, Ворон, Нелаза), р. Кошта (см. рисунок).



**Рисунок.** Картосхема района исследования с указанием точек отбора проб воды: • – из русла рек; • – из водохранилища.

Fig. Schematic map of the area under investigation with indication of the water sampling points: • – from the river channel; • – from the reservoir.

Отбор проб воды (2018 г., сентябрь) проводили в соответствии с ГОСТ 51592-2000. Определение химического состава вод выполняли общепринятыми методами по нормативным методикам [9, 10]. В анализируемых пробах воды определяли рН, прозрачность, цветность, мутность, минерализацию, химическое потребление кислорода (ХПК), перманганатную окисляемость (ПО), биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), жесткость воды, содержание главных ионов (кальция, магния, натрия, калия,

гидрокарбонат-иона, сульфат-ионов, хлорид-ионов), биогенных веществ (ионов аммония, нитрат- и нитрит-ионов, фосфат-ионов), массовые концентрации ионов железа общего, марганца, алюминия, хрома, никеля, цинка, меди, кадмия, свинца, мышьяка, ионов фтора, нефтепродуктов и анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ). Аналитический контроль состава речных вод по содержанию биогенных веществ, ионов железа общего, марганца, алюминия, хрома, никеля, мышьяка выполнен с использованием фотометрического метода анализа на спектрофотометре ПЭ-5300 ВИ. Измерение массовой концентрации ионов цинка, меди, кадмия, свинца проведено инверсионным вольтамперометрическим методом с использованием анализатора «Поляррограф АВС-1.1» с встроенным электрохимическим датчиком «Модуль ЕМ-04» и компьютерной программой AVS. Определение содержания нефтепродуктов и АПАВ проведено флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Определение содержания выполнено на приборе солемер типа «НІ9812». Содержание ионов натрия, калия, фтора, гидрокарбонат-иона установлено потенциометрическим методом с использованием ион-селективных электродов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения обобщенных показателей качества и химического состава вод речного стока с разных частей водосбора рассматриваемой территории и Рыбинского водохранилища приведены в табл. 1 и табл. 2. Сравнительный анализ ионно-солевого состава вод рек Мологи и Суды, а также их притоков и малых рек междуречья, показывает определенное сходство в проявлении зональных особенностей формирования их химического состава. Состав воды в его солевой части обусловлен, в основном, природно-климатическими условиями. Воды рек по величине рН характеризуются близкой к нейтральной и слабощелочной средой, имеют гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав и сравнительно небольшую минерализацию. По величине минерализации (по О.А. Алекину) [11] воды исследованных рек относятся к мало- и среднеминерализованным, по показателю жесткости определяются как умеренно жесткие. Значения величины показателя жесткости хорошо коррелируют с величиной минерализации ( $r = 0,808$ ) (табл.1). Характерные отношения между основными анионами ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) ионно-солевого состава исследованных речных вод приведены в табл. 3.

Речные воды характеризуются незначительным содержанием ионов фтора (табл. 2). По содержанию растворенного кислорода все исследованные пробы соответствуют установленным нормам [12–14].

**Таблица 1.** Обобщенные показатели качества исследованных проб воды  
Table 1. Summarized indicators of the studied water samples' quality

Определяемый показатель	Единица измерения	Наименование анализируемой пробы воды					
		Рыбинское водохранилище	Речной сток				
			р. Молога	притоки р. Мологи	реки междуречья	р. Суда	притоки р. Суды
Значение величины показателя							
Цветность	градус цветности	87 <sup>*</sup> –159 <sup>*</sup>	47–87 <sup>*</sup>	172 <sup>*</sup> –682 <sup>*</sup>	123 <sup>*</sup> –680 <sup>*</sup>	44,5–79,5	31–103 <sup>*</sup>
		123 <sup>*</sup>	67 <sup>*</sup>	430 <sup>*</sup>	375 <sup>*</sup>	62	75 <sup>*</sup>
Водородный показатель (рН)	ед. рН	7,4–8,5	7,38–7,42	6,9–7,24	6,84–7,6	7,84–8,56	7,89–8,2
		7,95	7,40	7,07	7,32	8,26	8,09
Жесткость	ммоль/дм <sup>3</sup>	4,2–4,5	3,85–4,09	1,9–5,2	1,3–9,9	3,27–5,52	5,52–5,8
		4,35	3,97	3,56	6,23	4,60	5,63
Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	120–220	180–220	50–180	60–560	200–410	280–300
		170	200	110	280	287	286
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,25–3,69	2,22–2,34	2,8–3,99	1,5–6,5	1,07–2,4	1,44–2,4
		2,47	2,28	3,37	3,52	1,77	1,96
ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	20,04–45,3	18,6–20,1	35,7–94	28,8–190	18,8–26	18,3–34
		32,67	19,35	62,21	67,61	21,08	25,59
Перманганатная окисляемость	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	14,6–18,6	15,52–16	27,6–42,8	6,62–40	10,4–15,2	8,16–14,8
		16,6	15,76	32,7	23,99	11,94	12,54

*Примечание:* \* – значения величины выше предела обнаружения определены методом разбавления аликвоты анализируемой пробы; над чертой – минимальные и максимальные значения, под чертой – средние значения.

Биогенные вещества, представленные минеральными формами азота NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и фосфора PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, в речных водах в пределах исследованного водосборного бассейна определяются близкими значениями концентраций. Среди минеральных форм азота доминируют нитрат-ионы NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, являющиеся конечным продуктом окисления ионов аммония NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и нитрит-ионов NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. В исследованных пробах речных вод их концентрации ниже установленных ПДК<sub>кб</sub> и ПДК<sub>рх</sub> [12, 13]. Превышение нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения установлено по содержанию фосфатов (ПДК<sub>рх</sub> = 0,05 мг/дм<sup>3</sup>) [12]. Отмечается единая направленность в распределениях содержаний ионов тяжелых металлов. Из числа определяемых ионов тяжелых металлов превышение ПДК<sub>рх</sub> установлено по содержанию ионов железа и марганца: ПДК<sub>Fe</sub> = 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>Mn</sub> = 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2). Концентрации других ионов (алюминия, меди, цинка, никеля, свинца, мышьяка, хрома, кадмия), определенные в пробах, не превышают ПДК<sub>кб</sub> и ПДК<sub>рх</sub>. Не установлено превышения нормативов по содержанию нефтепродуктов и АПАВ.

**Таблица 2.** Характеристика химического состава исследованных проб воды  
 Table 2. Characteristics of the studied water samples chemical composition

Опреде- ляемый показатель	Единица измерения	Наименование анализируемой пробы воды					
		Рыбин- ское водохра- нилище	Речной сток				
			р. Молога	при- токи р. Мологи	реки меж- дурчья	р. Суда	притоки р. Суды
Значение величины показателя							
Ca <sup>2+</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	2,71 (62,59)	2,22 (57,81)	1,94 (51,05)	2,01 (49,15)	2,80 (61,00)	3,12 (60,47)
Mg <sup>2+</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	1,44 (33,26)	1,17 (30,47)	1,56 (41,05)	1,45 (35,45)	1,39 (30,28)	1,59 (30,81)
Na <sup>+</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	0,13 (3,00)	0,42 (10,94)	0,27 (7,11)	0,58 (14,18)	0,38 (8,28)	0,40 (7,75)
K <sup>+</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	0,05 (1,15)	0,03 (0,78)	0,03 (0,79)	0,05 (1,22)	0,02 (0,44)	0,05 (0,97)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	3,71 (85,68)	3,55 (92,45)	3,04 (80,00)	1,96 (47,92)	3,19 (69,50)	3,31 (64,15)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	0,48 (11,09)	0,10 (2,60)	0,33 (8,68)	1,57 (38,39)	1,23 (26,80)	1,53 (29,65)
Cl <sup>-</sup>	ммоль/дм <sup>3</sup> (ммоль %)	0,14 (3,23)	0,19 (4,95)	0,43 (11,32)	0,56 (13,69)	0,17 (3,70)	0,32 (6,20)
Сумма ионов ( $\sum i$ )	ммоль/дм <sup>3</sup>	8,66	7,68	7,60	8,18	9,18	10,32
$\frac{PO}{\sum i}$	мг/ммоль	1,92	2,05	4,30	2,93	1,30	1,22
$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}$	отн. ед.	3,43	0,53	0,77	2,80	7,24	4,78
Fe <sub>общ</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,13	0,09	2,82	2,58	0,12	0,23
Mn <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,15	0,29	0,14	0,08	0,08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,37	<0,05**	0,53	0,56	0,32	0,26
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,10	3,43	1,94	4,58	1,93	2,11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	<0,02**	<0,02**	0,06	<0,02**	<0,02**
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,13	0,11	0,13	0,27	0,13	0,14
F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,15	0,11	<0,1**	0,22	0,18	0,20

Примечание: \*\* – значения величины ниже предела обнаружения.

Отличительной особенностью речных вод исследованного водосборного бассейна является их значительное различие по цвету и интенсивности окраски воды, содержанию ионов железа общего, соотношению основных анионов. Цветность воды притоков р. Мологи и рек междуречья, территория водосбора которых отличается большой заболоченностью, значительно выше, чем вод р. Суды и ее притоков. Воды этих рек существенно отличаются по концентрации растворенных органических веществ, содержание которых преимущественно определяется по перманганатной окисляемости. Резко отличаются воды притоков р. Мологи и рек междуречья и по величине показателя ХПК. При этом разброс значений для притоков р. Мологи более существенный и его высокие показатели приходятся на воды рек, вытекающих из озер. Статистическая обработка результатов аналитических данных показывает высокую корреляционную связь по показателям цветности, ПО и ХПК. Установленная корреляционная связь между показателем цветности и значениями величин перманганатной окисляемости и ХПК, вычисленная суммарно по результатам анализа всех исследованных проб, оценивается коэффициентами корреляции 0,896 и 0,830 соответственно. При этом более высокими коэффициентами корреляции между этими показателями характеризуются воды рек на заболоченных водосборах. Корреляционная связь между показателями цветности и перманганатной окисляемости, вычисленная по данным анализа исследованных проб воды р. Мологи и ее притоков, определяется коэффициентом корреляции  $r = 0,940$ , рек междуречья  $r = 0,876$ , р. Суды и ее притоков  $r = 0,879$ . Аналогичная зависимость установлена по величине коэффициента корреляции между показателями цветности и ХПК: в водах р. Мологи и ее притоков  $r = 0,992$ , рек междуречья  $r = 0,979$ , р. Суды и ее притоков  $r = 0,770$ .

Различия установлены по величине рН и содержанию минеральных компонентов ( $\sum i$ ), что объясняется совокупностью факторов. Наиболее существенные из них определяются значительной концентрацией предприятий промышленности на территории водосбора р. Суды, а также относительно меньшей заболоченностью. Вода р. Суды и ее притоков более щелочная, чем притоков Мологи и рек междуречья. Для воды р. Суды и ее притоков характерно значительное уменьшение отношения  $\frac{ПО}{\sum i}$  в связи с повышением минерализации и падением содержания органического вещества. В воде притоков р. Мологи и рек междуречья одновременно с повышением  $\frac{ПО}{\sum i}$  возрастает относительное содержание ряда других элементов, в частности,  $Fe_{\text{общ}}$ , что связано с преобладанием вод озерно-болотного происхождения и более значительными запасами органических остатков на водосборе.

По соотношению главных катионов сток растворенных веществ в исследованных реках более однороден. Исключение составляет магний, относительное количество которого в воде притоков р. Мологи значительно больше, чем в других реках. По анионному составу, напротив, установлены значительные различия. Повышенным содержанием сульфат-ионов отличаются воды р. Суды, ее притоков и малых рек междуречья (табл. 3). Причиной повышенного содержания сульфат-ионов в водах этих рек является, по видимому, техногенный фактор. В этом убеждают сравнения соотношений концентрации сульфат-ионов и хлоридов в пробах воды этих рек (табл. 2). Анализ распределения данного показателя подтверждает антропогенную природу изменения концентрации анионов в сторону превалирующего положения сильных кислот в анионной группе химического состава воды рек, водосбор которых находится в зоне влияния промышленных предприятий.

**Таблица 3.** Характеристика ионного состава исследованных речных вод  
Table 3. Characteristics of the studied water samples ion composition

Наименование пробы воды речного стока	Формула химического состава	Тип воды
р. Молога	$M_{0,200} \frac{HCO_{92}^3 \quad Cl_5 \quad SO_3^4}{Ca_{58} \quad Mg_{30} \quad Na_{11}K_1} pH 7,48$	Гидрокарбонатная магниево-кальциевая
Притоки р. Мологи	$M_{0,110} \frac{HCO_{80}^3 \quad Cl_{11} \quad SO_9^4}{Ca_{51} \quad Mg_{41} \quad Na_7K_1} pH 7,07$	Гидрокарбонатная магниево-кальциевая
Реки междуречья	$M_{0,280} \frac{HCO_{48}^3 \quad SO_{38}^4 \quad Cl_{14}}{Ca_{49} \quad Mg_{36} \quad Na_{14}K_1} pH 7,32$	Сульфатно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая
р. Суды	$M_{0,287} \frac{HCO_{69}^3 \quad SO_{27}^4 \quad Cl_4}{Ca_{61} \quad Mg_{30} \quad Na_8K_1} pH 8,26$	Сульфатно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая
Притоки р. Суды	$M_{0,286} \frac{HCO_{64}^3 \quad SO_{30}^4 \quad Cl_6}{Ca_{60} \quad Mg_{31} \quad Na_8K_1} pH 8,09$	Сульфатно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая

Полученный результат аналитических исследований проб воды, отобранных на устьевом участке русла р. Кошта, свидетельствует о наличии техногенного фактора в формировании ее химического состава. Река Кошта является основным приемником сточных вод и поверхностного стока в зоне влияния промышленных предприятий. Несоответствие нормативным требованиям установлено по показателям ХПК, БПК<sub>5</sub>, содержанию ионов тяжелых металлов ( $Fe_{общ}^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ), азота нитратного и аммонийного, нефтепродуктов.

Значения определяемых показателей в пробах воды, отобранных из Рыбинского водохранилища, в целом, коррелируют со средними значениями показателей речного стока, ожидаемыми при смешении водной массы рек. Результаты проведенного исследования химического состава воды Рыбинского водохранилища удовлетворительно согласуются с данными работ [3, 4].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Исследование химического состава вод речного стока по общим и суммарным показателям показывает, что в пределах рассмотренной водосборной территории воды малых и средних рек отличаются от вод главных рек – Мологи и Суды, питающих Рыбинское водохранилище, повышенными значениями цветности, относительного содержания органического вещества и ряда других элементов. Анализ данных, характеризующих химический состав речных вод, свидетельствует о закономерной взаимосвязи этого состава с условиями формирования на площадях их водосбора. Особенно наглядно это проявляется в различиях по химическому составу речных вод междуречья.

Выполненный анализ позволил установить, что химический состав речного стока малых рек на рассматриваемой территории водосбора формируется под воздействием в основном природных факторов и показывает незначительное влияние хозяйственной деятельности. Оценка аналитических исследований проб воды указывает на соответствие показателей качества требованиям санитарно-гигиенических норм. Концентрации ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и АПАВ указывают на удовлетворительное экологическое состояние водных объектов. Показатель рН соответствует гигиеническим нормативам.

По составу и соотношению главных ионов вода р. Мологи и ее притоков относится к гидрокарбонатному классу и магниево-кальциевой группе с жесткостью менее 5 ммоль/дм<sup>3</sup>, минерализацией до 200 мг/дм<sup>3</sup>. Воды р. Суды и ее притоков, рек Молого-Судского междуречья отличаются более высокими концентрациями сульфатов и по величине минерализации, показателю жесткости. Вода относится к сульфатно-гидрокарбонатному классу и магниево-кальциевой группе, оценивается как среднеминерализованная, умеренно жесткая.

Полученные данные носят оценочный, предварительный характер, но они позволяют акцентировать внимание на необходимости проведения гидрохимического мониторинга малых рек, что приобретает особую актуальность в условиях интенсивного техногенного воздействия на природную среду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бикбулатова Е.М., Степанова И.Э. Многолетняя изменчивость содержания органического вещества в воде Рыбинского водохранилища // Экологическая химия. 2014. Т. 23. № 1. С. 1–7.
2. Степанова И.Э. Биогенные элементы и органическое вещество в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища // Экологическая химия. 2016. Т. 25. № 1. С. 16–25.
3. Экологические проблемы Верхней Волги / под ред. А.И. Копылова. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.
4. Дебольский В.К., Григорьева И.А., Комиссаров А.Б. Современная гидрохимическая характеристика реки Волга и ее водохранилищ // Вода: Химия и экология. 2010. № 11. С. 2 – 12.
5. Литвинов А.С., Степанова И.Э. Экологические условия в Шекснинском водохранилище в 21 веке // Экологическая химия. 2019. Т. 28. № 1. С. 49–56.
6. Филоненко И.В., Филиппов Д.А. Оценка площади болот Вологодской области // Труды Инсторфа. Тверь: ТвГТУ, 2013. № 7. С. 3–11.
7. Фоменко А.И. Региональная специфика озерных вод // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 (1). С. 90–94.
8. Фоменко А.И. Оценка качества воды в источниках нецентрализованного водоснабжения на территории промышленного региона // Вода: Химия и экология. 2012. № 2. С. 26–32.
9. Унифицированные методы анализа. 2-е изд., испр. / под ред. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.
10. Методика определения концентраций ионов с помощью ионселективных электродов «ЭКОН». М.: Эконикс, 1993. 74 с.
11. Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
12. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: Минсельхоз, 2016. 153 с.
13. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. М.: СТК «Аякс», 2004. 154 с.
14. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. М.: Социально-экологический Союз, 2000. 148 с.

*Для цитирования:* Фоменко А.И. Зональные особенности химического состава вод малых рек бассейна Рыбинского водохранилища // Водное хозяйство России. 2020. № 1. С. 19-30.

**Сведения об авторе:**

**Фоменко Александра Ивановна**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Россия, 160000 г. Вологда, ул. Ленина, 15; e- mail: fomenko1212@inbox.ru

ZONAL FEATURES OF THE RYBINSK RESERVOIR BASIN SMALL RIVERS  
CHEMICAL COMPOSITION

**Aleksandra I. Fomenko**

E-mail: fomenko1212@inbox.ru

*Vologda State University, Vologda, Russia*

**Abstract:** The work is devoted to the study of the chemical composition of small rivers in the southwestern part of the territory of the Vologda region, which form the river flow of the Rybinsk reservoir basin. The determination of the chemical composition of water in rivers is carried out by generally accepted methods according to standard procedures. A distinctive feature of the river waters of the studied drainage basin is their significant difference in color and color intensity, total iron ion content, and ratio of basic anions. Most of the catchment area of this territory is represented by swamps and numerous lakes, many of them are sources of small and medium length watercourses. A comparative analysis of the ion-salt composition of the waters of rivers shows a certain similarity in the manifestation of the zonal features of the formation of their chemical composition. The composition of the water of the rivers in its salt part is mainly due to the climatic conditions. The waters of the rivers have a hydrocarbonate and sulphate-hydrocarbonate magnesium-calcium composition and relatively low mineralization. Statistical processing of the results of analytical data shows a high correlation in terms of color, permanganate oxidation and chemical oxygen consumption of the investigated water samples. Nutrients represented by the mineral forms of nitrogen and phosphorus in river waters within the studied catchment basin are determined by similar concentrations. A single directivity has been established in the distributions of the contents of heavy metal ions. From the number of heavy metal ions (iron, manganese, aluminum, copper, zinc, nickel, lead, arsenic, chromium, cadmium), which were determined in the analyzed samples, the excess of water quality standards for fishery water bodies was established of by iron and manganese ions. Excess of the established standards of quality of natural waters for other identified ions was not detected.

**Key words:** small rivers, water chemical composition, water quality, nutrients, heavy metal ions.

**About the authors:**

Aleksandra I. Fomenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vologda State University, ul. Lenina, 15, Vologda, 160000 Russia; e- mail: fomenko1212@inbox.ru

**For citation:** Fomenko A.I. *Zonal Features of the Rybinsk Reservoir Basin Small Rivers Chemical Composition // Water Sector of Russia. 2020. No. 1. P. 19-30.*

**REFERENCES**

1. *Bikbulatova E.M., Stepanova I.E.* Mnogoletnyaya izmenchivost sodержaniya organicheskogo veshchestva v vode Rybinskogo vodokhranilishcha [Many-year variability of the organic matter content in the Rybinsk Reservoir water] // *Ekologicheskaya khimiya. 2014. Vol. 23. No. 1. Pp. 1–7.*
2. *Stepanova I.E.* Biogennye ehlementy i organicheskoe veshchestvo v Sheksninskom plese Rybinskogo vodokhranilishcha [Biogenic elements and organic matter in the Rybinsk Reservoir Sheksna Stretch] // *Ekologicheskaya khimiya, 2016. Vol. 25. No. 1. Pp. 16–25.*
3. *Ekologicheskiye problem Verkhney Volgi [Ecological problems of the Upper Volga]: A collective monograph, Ed. A.I. Kopylova.- Yaroslavl: Publishing house of YGTU, 2001. 427 p.*
4. *Debolsky V.K., Grigorieva I.L., Komissarov A.B.* Sovremennaya gidrokhimicheskaya kharakteristika reki Volga i eyo vodokhranilishch [Modern hydro/chemical characteristics

- of the Volga River and its reservoirs] // *Water: Chemistry and Ecology*/ 2010. No. 11. Pp. 2–12.
5. *Litvinov A.S., Stepanova I.E.* Ekologicheskie usloviya v Sheksninskom vodokhranilishhe v 21 veke [Ecological situation in the Sheksna Reservoir in XXI century] // *Ekologicheskaya khimiya*. 2019. Vol. 28. No. 1. Pp. 49–56.
  6. *Filonenko I.V., Filippov D.A.* Otsenka ploshchadi bolot Vologodskoy oblasti [Assessment of the Vologda Oblast bog area] // *Trudy Instorfa: nauchnyj zhurnal (yanvar–iyun 2013 g.)*. Tver: TvGTU. 2013. No. 7. Pp. 3–11.
  7. *Fomenko A.I.* Regionalnaya spetsifika ozernykh vod [Regional specificity of lacustrine water] // *Basic Research*. 2013. No. 10 (1) . Pp. 90–94.
  8. *Fomenko A.I.* Otsenka kachestva vody d istochnikakh detsentralizovannogo vodosnabzheniya v promyshlennom regione [Assessment of water quality in sources of decentralized water supply in an industrial region] // *Water: Chemistry and Ecology*. 2012. № 2. Pp. 26–32.
  9. *Unifitsirovanniye metody analiza [Unified methods of analysis]*. 2nd ed., Corr. / Ed. Y.Y. Lurie. M.: Chemistry, 1973. 376 p.
  10. *Metodika opredeleniya kontsentratsiy ionov s ispolzovaniyem nonselektivnykh elektrodov "ECOM"* [The method of determining the concentrations of ions using ion-selective electrodes «ECOM»]. M.: Econix, 1993. 74 p.
  11. *Nikanorov A.M.* *Gidokhimiya [Hydrochemistry]*. St. Petersburg: Gidrometioizdat, 2001. 444 p.
  12. GN 2.1.5.1315-03 Predelno dopustimyye kontsentratsiy (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'yektov khozyaystvenno-pityevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya: Gigienicheskiy normativy [Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Chemicals in the Water of Water Bodies of Household, Drinking, and Cultural-Household Water Use: Hygienic Standards]. M.: STK Ajax, 2004. 154 p.
  13. *Normativy kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo naznacheniya, v tom chisel normativov predelno dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [The list of fisheries standards: maximum permissible concentrations (MAC) and approximately safe exposure levels (ESLI) of harmful substances for water bodies of fishery purposes]. M.: VNIRO2016. 153 p.
  14. *Gidrokhimicheskiye pokazateli sostoyaniya okruzhayushchey sredy [Hydro/chemical indicators of the state of environment]: reference materials* / Ed. T.V. Guseva. M.: Social-Ecological Union, 2000. 148 p.