

УДК 556.114.001.24 (282.247.326.2)

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА СТОКА РЕКИ ЛЕНДЕРКА В СТОРЕ У ПОСЕЛКА ЛЕНДЕРЫ

Э. А. Румянцева, Н. Н. Бобровицкая

Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия

Расчет характеристик качества трансграничного стока реки Лендерка в пограничную с Россией Финляндию произведен с помощью автоматизированного программного комплекса (АПК) по данным, полученным в результате режимных наблюдений Северо-Западного УГМС за период с 2003 по 2012 год. Основными характеристиками качества речного стока явились, во-первых, доли объема стока воды, загрязненной единичными химическими компонентами, и, во-вторых, доли объема стока воды, различающиеся по совокупности загрязняющих веществ ( $V_{\text{заг}}\%$ ). Показано, что в первом случае средние за период значения  $V_{\text{заг}}\%$  в ряду компонентов:  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , рН,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{O}_2\%$ , БПК<sub>5</sub> и нефтепродуктов уменьшались от 100 до 2,4 %. Во втором случае расчеты показали, что сток реки, усредненный за весь период, в соответствии с РД 52.24.643-2002 состоит из 73,91 % «условно чистой» воды 1 класса и 26,09 % «слабозагрязненной» воды 2 класса. С помощью факторного анализа установлено, что на межгодовое варьирование качества стока воды основное влияние оказывает фактор 1, составляющий более 48 % от суммарной дисперсии. Он зависит от межгодовых флуктуаций расходов воды. Фактор 2 (более 21 % вклада) напрямую связан с температурой воды холодного периода, а фактор 3 (более 14 % вклада) – с температурой воды теплого периода. Механизм влияния температуры на качество стока пока неясен. Возможно, ее значения влияют на соотношение снегового и дождевого питания реки.

Ключевые слова: трансграничный речной сток; автоматизированный программный комплекс; режимные наблюдения; характеристики загрязненного стока; динамика качества стока; оценка загрязненности стока; факторный анализ.

### **E. A. Rumyantseva, N. N. Bobrovitskaya. AUTOMATED CALCULATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF THE LENDERKA RIVER FLOW THROUGH THE GAUGING STATION AT LENDERKA VILLAGE**

The quality characteristics of the transboundary flow of the Lenderka River across the border to Finland were calculated using an automated software complex (APC) with the input of data obtained during regime observations of the North-Western Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring for the period from 2003 to 2012. The main characteristics of the river flow quality were, firstly, volume shares of the water flow contaminated with individual chemical components and, secondly, volume shares of the water flow differing in total pollution ( $V_{\text{poll}}\%$ ). In the first case, the average values of  $V_{\text{poll}}\%$  in the series  $\text{Fe}_{\text{total}}$ , pH,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{O}_2\%$ , BOD<sub>5</sub>, and oil products decreased over the study period from 100 to 2.4 %. In the second case, the calculations showed that the river flow averaged over the entire period in accordance with the Guideline 52.24.643-2002 consists of 73.91 % “relatively clean” 1<sup>st</sup> class water and 26.09 % “slightly polluted”

2<sup>nd</sup> class water. Factor analysis showed that factor 1, which accounted for more than 48 % of the total variance, was of primary significance for the interannual variation of the water flow quality. It depends on interannual fluctuations in the water discharge. Factor 2 (contributing more than 21 %) depends on the water temperature in the cold period, and factor 3 (explaining more than 14 %) depends on the water temperature in the warm period. The mechanism of the water temperature influence on the flow quality is not yet clear; it is possible that its values depend on the ratio of snow and rain input to the river.

**Key words:** transboundary river flow; automated software complex; regime observations; characteristics of the polluted flow; flow quality dynamics; assessment of flow pollution; factor analysis.

## Введение

Современные оценки стока рек, как правило, ограничены количественными гидрологическими характеристиками, а качество речной воды в настоящее время определяется независимо от гидрологических показателей. Поэтому актуальной явилась разработка в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») автоматизированного программного комплекса (далее АПК), позволяющего оперативно получать оценки степени загрязненности речного стока после совместной обработки больших объемов гидрологической и гидрохимической информации [Румянцева, Бобровицкая, 2012; Румянцева и др., 2014]. Почти все оценки качества стока, которые возможно вычислить с помощью АПК, показаны в виде рисунков и таблиц на примере реки Луга в створе пгт Толмачево [Румянцева и др., 2020а].

Методика сочетает в себе ранее разработанные в ФГБУ «ГГИ» основы разделения объема речного стока на чистый и загрязненный по единичному компоненту [Караушев, Скакальский, 1973, 1979; Скакальский, 1980; Караушев, 1987] и новую методику разделения стока на частичные объемы по комплексу загрязняющих веществ [Румянцева и др., 2014]. Последнее дало возможность применить для частичных объемов стока воды метод комплексной оценки степени ее загрязненности по гидрохимическим показателям, разработанный в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Гидрохимический институт» [Емельянова, 2006] и внедренный в систему Росгидромета [РД..., 2003]. В результате общая оценка качества стока производится с учетом гидрологических показателей.

С помощью усовершенствованной версии АПК успешно произведен расчет основных показателей качества стока на трансграничных пунктах рек Селезнёвка, Лендерка, Западная Двина, Днепр, Сож, Ипать, Десна, Судость, Сейм, Оскол, Ворскла, Псел, Северский До-

нец, Миус, Малый Узень, Большой Узень, Илек, Тобол, Уй и Иртыш. Они расположены на государственной границе России с Финляндией, Беларусью, Украиной и Казахстаном. В основу расчетов положены гидрологические и гидрохимические данные, полученные в результате режимных наблюдений Центрально-Черноземного, а также Северо-Западного, Центрального, Северо-Кавказского, Приволжского, Уральского и Обь-Иртышского Управления гидрометеорологической службы (УГМС). Наблюдения проводятся в соответствии с РД 52.24.508-96 [РД..., 1999]. Часть полученных результатов опубликована [Румянцева, Бобровицкая, 2020; Румянцева и др., 2020б].

Задачей данной работы явилось исследование характеристик и оценок качества трансграничного стока воды реки Лендерка в пограничную с Россией Финляндию.

## Материалы и методы

*Объект – река Лендерка.* Ее истоком является озеро Сула, впадает река в озеро Пиелен, которое через ряд озер и проток связано с озером Сайма, являющимся истоком р. Вуоксы. Длина Лендерки составляет 150 км, в том числе на территории Российской Федерации – 41 км. Площадь карельской части водосбора 4890 км<sup>2</sup>. Река протекает в Муезерском районе. Всего на водосборе насчитывается 2040 озер общей площадью 604 км<sup>2</sup>. На участке Лендерки между озерами Сула и Лендерское имеется 7 порогов [Ресурсы..., 1965].

Климат района неустойчив. За год выпадает 450–600 мм осадков. Несмотря на преобладание в Муезерском районе холмисто-рядового ландшафта денудационно-тектонического типа, здесь встречаются местности с ландшафтами других типов. Абсолютно преобладают сосновые леса, степень заболоченности территории до 40 %.

По территории района проходит Беломорско-Балтийский водораздел (он же один из главных водоразделов Земного шара между

бассейнами Северного Ледовитого и Атлантического океанов), который делит район примерно пополам. Большая часть территории Муезерского района относится к водосборам озерно-речных систем Лендерки [Карелия..., 2009].

**Методы.** Расчеты характеристик и оценок качества трансграничного стока воды реки Лендерка производились с помощью автоматизированного программного комплекса, который состоит из двух частей. В первой части АПК основная характеристика качества стока – относительный объем загрязненной воды ( $V_{\text{заг}}\%$ ) – рассчитывается для единичных химических компонентов, а во второй части – для частичных объемов стока, различающихся совокупностью загрязняющих веществ. Оценка степени загрязненности воды в стоке производится по совокупности химических компонентов в соответствии с РД 52.24.643-2002.

$V_{\text{заг}}\%$  выражается отношением объема стока загрязненной воды, в которой концентрация химических компонентов выше предельно допустимых концентраций (ПДК) для рыбохозяйственных водных объектов, перенесенной через заданный створ за год, ко всему годовому стоку реки.

Характеристика относительной продолжительности загрязненного стока ( $T_{\text{заг}}\%$ ) выражается отношением времени  $T_{\text{заг}}$ , в течение которого концентрация вещества в потоке выше ПДК, к общей продолжительности рассматриваемого промежутка времени, например, к одному году  $T_{\text{год}}$ .

Для выявления причин, которые влияют на варьирование качества стока реки Лендерка в течение исследуемого периода, применен факторный анализ [Иберла, 1980; Драйвер, 1985].

**Данные наблюдений.** В основу исследований положены гидрологические и гидрохимические данные, полученные в результате режимных наблюдений Северо-Западного УГМС в пограничном с Финляндией створе река Лендерка – пос. Лендеры за период с 2003 по 2012 год. Пост наблюдений находится в 15 км от границы с Финляндией.

Частота отбора проб воды на основные химические компоненты варьировала от 4 и в основном до 12 определений в год. Определяли концентрации для 19 химических компонентов. Пределы варьирования измеренных концентраций за весь период наблюдений приведены в табл. 1.

Превышения ПДК отмечены только для четырех химических компонентов: БПК<sub>5</sub>, Fe<sub>общ</sub>, Cu<sup>2+</sup> и нефтепродуктов. Значения ниже ПДК имели место для насыщения воды кислородом и для рН.

## Результаты и обсуждение

### *Характеристики качества стока в створе река Лендерка – пос. Лендеры по единичным химическим компонентам за 2003–2012 годы*

Для каждого загрязняющего воду химического компонента и для каждого года были рассчитаны относительные объемы загрязненного стока воды ( $V_{\text{заг}}\%$ ), а также соответствующие продолжительности загрязненного стока воды ( $T_{\text{заг}}\%$ ).

Усредненные характеристики за весь период исследований с 2003 по 2012 год представлены в табл. 2.

Для Fe<sub>общ</sub> и Cu<sup>2+</sup> наличие загрязненного стока отмечается ежегодно в течение всего периода наблюдений. Кроме того, в течение десяти лет наблюдений присутствовал сток с насыщением воды кислородом и значением рН ниже нормы.

Сток воды, загрязненной нефтепродуктами, имел место только два года из десяти, а загрязненной лабильными органическими веществами по БПК<sub>5</sub> – только один год. При этом средние за период значения  $V_{\text{заг}}\%$  в ряду компонентов: Fe<sub>общ</sub>, рН, Cu<sup>2+</sup>, O<sub>2</sub>%, БПК<sub>5</sub> и нефтепродукты уменьшались от 100 до 2,4 %.

Максимальные значения  $V_{\text{заг}}\%$  для Fe<sub>общ</sub>, Cu<sup>2+</sup> и рН составили 100 %, для O<sub>2</sub>% – более 40 % и для БПК<sub>5</sub> и нефтепродуктов – 12 %.

### *Периоды продолжительности загрязненного стока за все годы наблюдений*

Периоды продолжительности стока воды, загрязненной единичными компонентами, за все годы наблюдений для Fe<sub>общ</sub>, рН, Cu<sup>2+</sup>, O<sub>2</sub>% представлены на рис. 1. Они изображены в виде ярких прямоугольников произвольной окраски. Бесцветные полосы говорят об отсутствии данных, бежевые – об отсутствии загрязненного стока для данного компонента.

Очевидно, что для Fe<sub>общ</sub> продолжительность загрязненного стока непрерывна в течение всего периода наблюдений, для рН почти непрерывна, а для Cu<sup>2+</sup> она с 2008 г. снижается преимущественно за счет холодного периода года.

На поступление химических компонентов в русло реки оказывает влияние изменение гидрологического режима по ее длине с речного на озерный, когда река впадает в озеро, а затем вытекает из него. Смена соответствующих условий в разные сезоны года вызывает разнонаправленный ход сложных процессов,

Таблица 1. Пределы варьирования измеренных значений химических компонентов в пункте наблюдений река Лендерка – пос. Лендеры за 2003–2012 годы

Table 1. Limits of variation of the measured values of the chemical components at the Lenderka River – the Lendery Village observation point in 2003–2012

Показатели Index	Размерность Dimension	ПДК рыбохозяйственного назначения MPC for fishery purposes	Пределы варьирования Variation limits	
			Минимум Minimum	Максимум Maximum
Растворенный кислород, O <sub>2</sub> Dissolved oxygen, O <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup> mg/dm <sup>3</sup>	6 летом; 4 зимой 6 in summer; 4 in winter	7,81	12,58
Водородный показатель (pH) Hydrogen exponent (pH)		6,5–8,5	<b>6,03</b>	6,8
Насыщение воды O <sub>2</sub> Water saturation with O <sub>2</sub>	%	>70	<b>61</b>	110
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> ) Biochemical oxygen demand (BOD <sub>5</sub> )	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2	1	<b>2,34</b>
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мгN/дм <sup>3</sup> mgN/dm <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	«	9	0,01	0,13
Аммоний солевой (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Ammonium salt (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	«	0,39	0,02	0,08
Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>	«	<b>0,1</b>	<b>0,11</b>	<b>0,32</b>
Cu <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup> mg/dm <sup>3</sup>	0,001	0,001	<b>0,0041</b>
Cd <sup>2+</sup>	«	0,005	0,0001	0,0005
Нефтепродукты Oil products	«	0,05	0,04	<b>0,07</b>
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) Synthetic surface-active substance (SSAS)	«	0,1	0,01	0,01
Ca <sup>2+</sup>	«	180	1	1,8
Mg <sup>2+</sup>	«	40	0,4	1,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	«	100	0,9	3,6
Cl <sup>-</sup>	«	300	2	2
Фосфаты Phosphates	мгP/дм <sup>3</sup> mgP/dm <sup>3</sup>	0,2	0,01	0,012
Cg <sub>общ</sub> Cg <sub>total</sub>	мг/дм <sup>3</sup> mg/dm <sup>3</sup>	0,07	0,001	0,0027
Pb <sup>2+</sup>	«	0,006	0	0,002

Примечание. Жирным шрифтом выделены показатели, концентрации которых превысили значения рыбохозяйственных ПДК.

Note. Values which exceeded the MPC for fishery are given in bold.

влияющих либо на снижение, либо на увеличение концентраций химических компонентов. Наиболее важными химическими и физико-химическими процессами являются: восстановительно-окислительные реакции; комплексобразование металлов с неорганическими и органическими лигандами и распределение соединений между жидкой и твердой фазами в результате адсорбции и ионного обмена. Поступление меди с потоками воздуха, в том числе при сжигании древесины, на снежный покров или на почву также имеет значение в пе-

рераспределении поступления меди в воды реки в течение года.

Для насыщения воды кислородом ниже ПДК T<sub>заг</sub> % приурочены к холодным периодам года.

#### Многолетние тенденции значений относительных объемов годового стока загрязненной воды

Относительные объемы годового стока воды, загрязненной лабильными органическими веществами по БПК<sub>5</sub> и нефтепродук-

Таблица 2. Средние многолетние значения относительной продолжительности и объема стока воды, загрязненной единичными компонентами, и пределы их значений в створе река Лендерка – пос. Лендеры за 2003–2012 годы

Table 2. Average long-term values of the relative duration and volume of the water runoff contaminated with single components, and the limits of their values in the Lenderka River section – the Lendery Village in 2003–2012

Компоненты Components	T <sub>заг</sub> % T <sub>полл</sub> %			V <sub>заг</sub> % V <sub>полл</sub> %			Количество лет наблюдений Years of observation	
	Сред. Aver.	Мин. Min.	Макс. Max.	Сред. Aver.	Мин. Min.	Макс. Max.	V <sub>заг</sub> V <sub>полл</sub>	Всего Total
pH	90,9	67,4	100	91,4	66,3	100	10	10
O <sub>2</sub> %	33,2	14	52	21,7	5,9	40,6	10	10
БПК <sub>5</sub> BOD <sub>5</sub>	1,5	0	15,3	12	0	12	1	10
Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>	100,1	100	100	100	100	100	10	10
Cu <sup>2+</sup>	78,4	34,3	100	81,7	40,5	100	9	9
Нефтепродукты Oil products	2,2	0	11	2,4	0	12,3	2	9

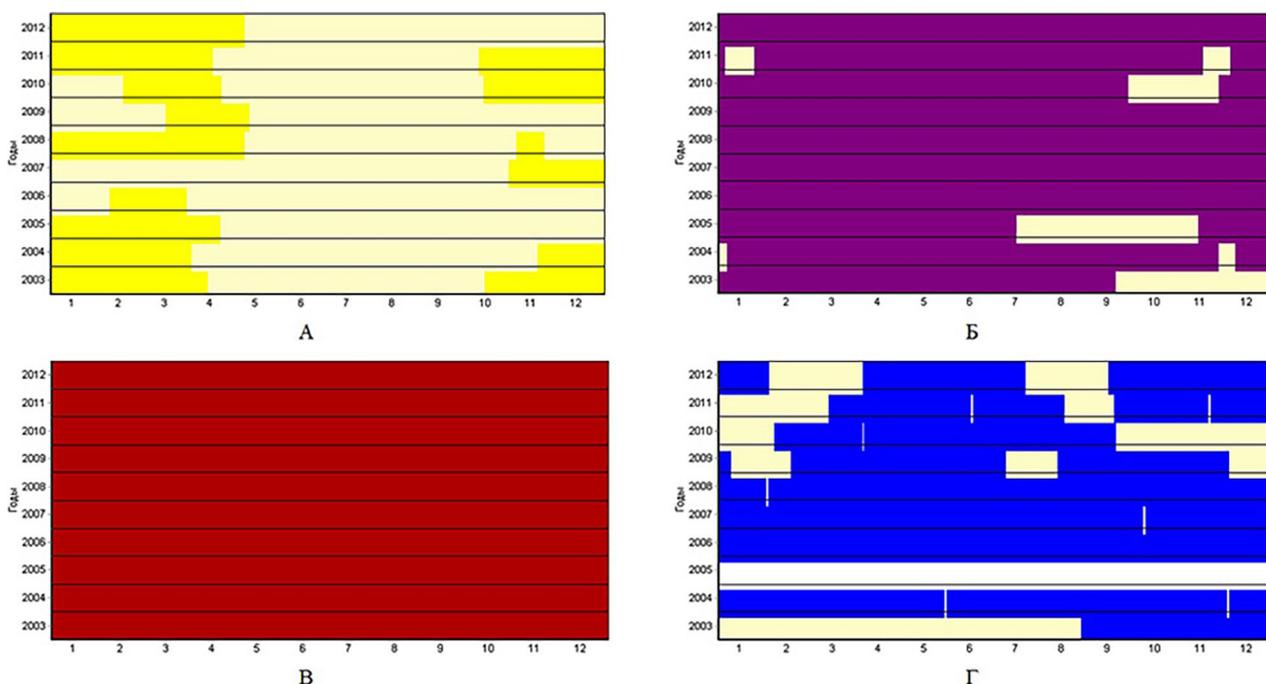


Рис. 1. Периоды продолжительности стока воды с насыщением кислородом (А) и pH (Б) ниже нормы, загрязненной Fe<sub>общ</sub> (В) и Cu<sup>2+</sup> (Г), в створе река Лендерка – пос. Лендеры за 2003–2012 годы

Fig. 1. Periods of oxygen-saturated run-off (A) and pH (B) below the norm polluted with Fe<sub>com</sub> (B) and Cu<sup>2+</sup> (G) in the Lenderka River section – the Lendery Village in 2003–2012

тами, в основном имеют нулевые значения, кроме одного всплеска для БПК<sub>5</sub> в 2005 году и двух всплесков для нефтепродуктов в 2007 и 2012 годах. Объем стока воды, загрязненной Fe<sub>общ</sub>, не меняется и ежегодно составляет 100 %, поэтому на рис. 2 представлены только многолетние тенденции годовых значений V<sub>заг</sub> % стока воды, загрязненной Cu<sup>2+</sup> и имеющей pH и насыщение воды кислородом ниже нормы.

Однонаправленных многолетних тенденций изменения относительных объемов стока воды,

загрязненной медью, и воды, насыщенной кислородом ниже нормы, в период 2003–2013 годов не наблюдалось, но можно отметить тенденцию увеличения V<sub>заг</sub> % со значениями pH ниже ПДК (рис. 2).

Значения pH ниже нормы являются особенностью природных поверхностных вод гумидной зоны. Для этой зоны рассчитаны уравнения связи pH с компонентами, обуславливающими кислотно-основное равновесие, которое определяется двумя системами: гумусовой и карбонатной [Колесникова, 2008].

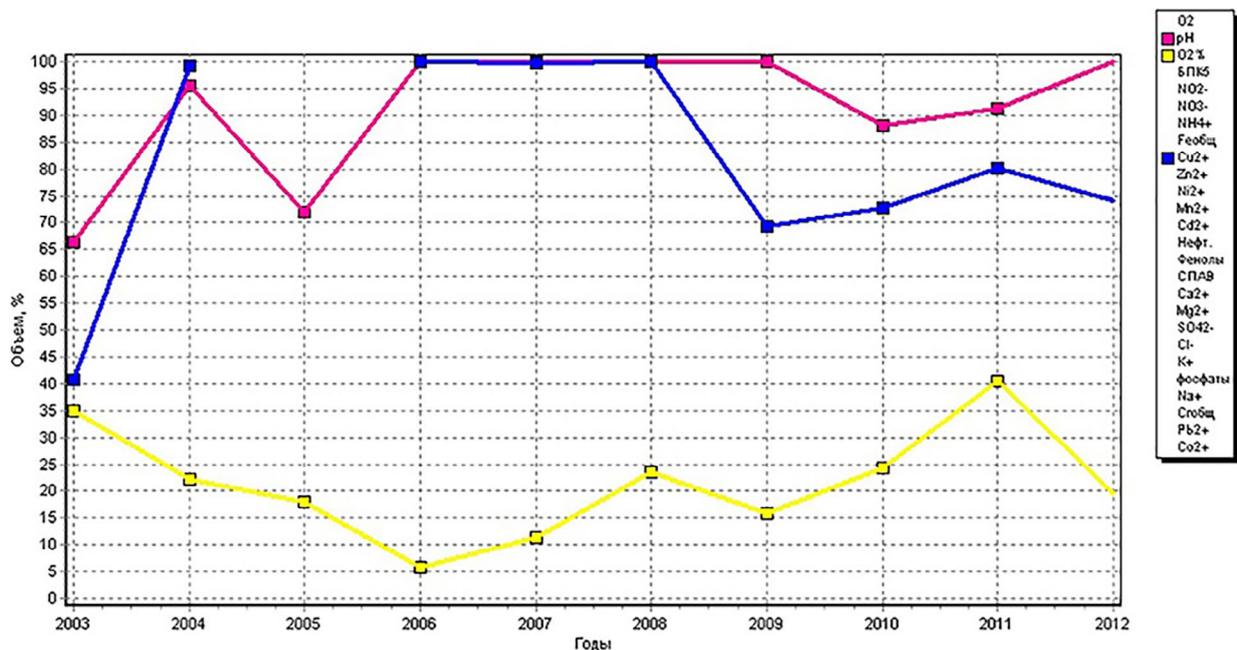


Рис. 2. Тенденции изменения величин относительных объемов годового стока, вода которых имеет насыщение кислородом и pH ниже нормы и загрязнена  $\text{Cu}^{2+}$ , в створе река Лендерка – пос. Лендеры за 2003–2012 годы  
 Fig. 2. Trends in the relative volume of annual run-off of oxygen-saturated water with pH below the norm and polluted with  $\text{Cu}^{2+}$  in the Lenderka River section – the Lendery Village in 2003–2012

### Гистограммы

Гистограммы являются интегральной характеристикой качества стока по единичным компонентам для каждого года, так как на каждой из них представлены все величины относительных продолжительностей и объемов

стока для загрязняющих компонентов данного года. Для примера показана гистограмма комплексной оценки качества стока реки Лендерка в пункте пос. Лендеры за 2012 год (рис. 3). Гистограммы, однако, не дают единой комплексной оценки загрязненности речного стока.

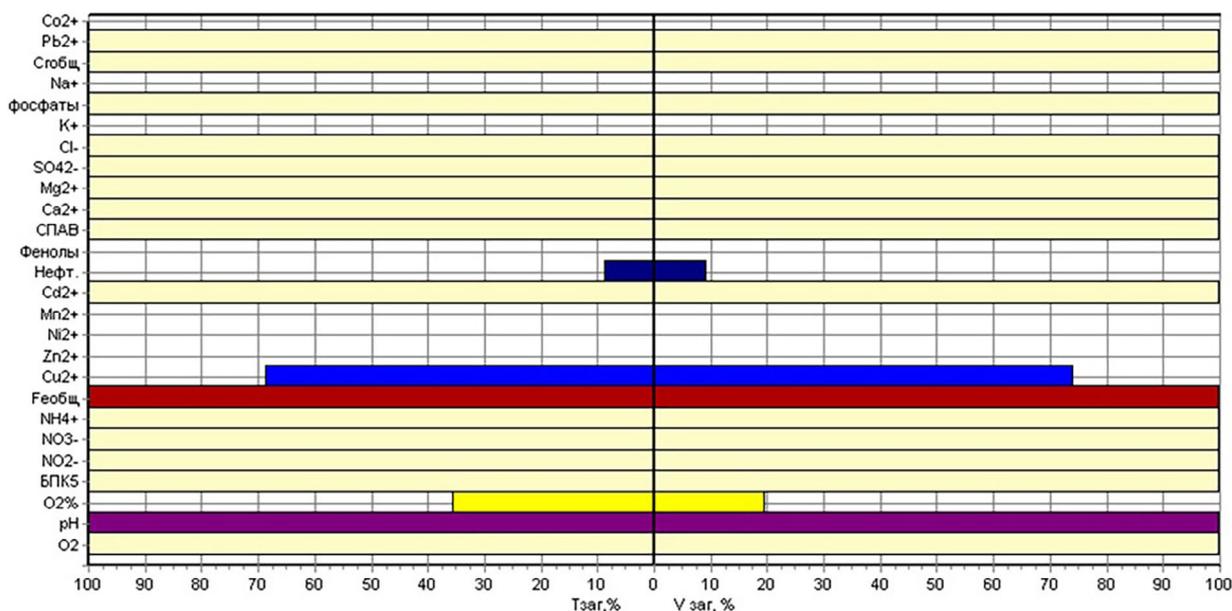


Рис. 3. Гистограмма комплексной оценки качества стока по единичным компонентам в створе река Лендерка – пос. Лендеры за 2012 год  
 Fig. 3. Histogram of the integrated assessment of flow quality by single components in the Lenderka River Section – the Lendery Village in 2012

*Оценка качества водного стока  
в створе река Лендерка – пос. Лендеры  
по совокупности химических компонентов  
за 2003–2012 годы*

Разделение объема речного стока на частичные объемы по совокупности загрязняющих веществ производится после совмещения периодов продолжительности стока для каждого загрязняющего компонента на одном хронологическом графике. Затем оценивается степень загрязненности воды частичных объемов по классам в соответствии с РД 52.24.643-2002.

Абсолютные и относительные продолжительности и объемы загрязненного стока воды, различающиеся по совокупности загрязняющих веществ для каждого года, приведены в табл. 3. Показаны периоды реализации частичных объемов стока. Приведены значения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) и коэффициента запаса (к), по которым определяют класс и разряд загрязненности воды, дана характеристика стока воды. Кроме того, представлены химические компоненты, дающие наибольший вклад в общую оценку степени загрязненности воды, что позволяет их отнести к критическим показателям загрязненности.

Из приведенных данных следует, что в 2003, 2005, 2008, 2009 и 2011 годах весь объем годового стока реки Лендерка представлен «условно чистой» водой первого класса. Вода в стоке 2007, 2010 и 2012 годов также отнесена к «условно чистой», так как меньшую долю объема стока в эти годы имеет «слабозагрязненная» вода второго класса. В 2004 году вода в стоке оценена как «слабозагрязненная». Сток был также неоднороден, кроме частичного объема стока воды второго класса в нем присутствует меньший объем «условно чистой» воды первого класса. В отличие от других лет в 2006 году весь объем годового стока реки Лендерка представлен «слабозагрязненной» водой второго класса.

Усредненный за весь период сток оценивается как сток «условно чистой» воды первого класса. Доли частичных объемов усредненного стока разных классов загрязненности показаны на рис. 4.

*Факторы, влияющие на многолетнюю  
динамику качества трансграничного стока  
реки Лендерка за 2003–2012 годы*

Для выявления основных причин, которые влияют на многолетнее варьирование качества

стока реки Лендерка, был применен факторный анализ. Он имеет две основные цели: определение взаимосвязей между переменными (R классификация переменных) и сокращение числа переменных до необходимых для описания данных. Такие латентные переменные называют факторами. В матрице главных факторов их состав выражен через исходные переменные.

Матрица основных факторов, определяющих временное варьирование среднегодовых величин относительных объемов стока воды, загрязненной единичными химическими компонентами и их совокупностью (по УКИЗВ), в створе река Лендерка – пос. Лендеры в 2003–2012 годах, приведена в табл. 4. Количественные характеристики стока воды представлены средними и наибольшими расходами годового стока реки. Кроме того, приведены среднегодовые значения температуры воды теплого и холодного периодов года. Тенденции изменения величин этих показателей в течение исследуемого периода изображены на рис. 5. В исследуемый период заметны значительные колебания температуры воды холодного периода года. Температура воды теплого периода имеет тенденцию увеличения.

Согласно критерию Кайзера оставлены только факторы с собственными значениями чисел равными или большими 1. Из табл. 4 следует, что на межгодовое варьирование относительных объемов стока воды со значениями рН ниже нормы и на годовые значения УКИЗВ оказывает влияние фактор 1, составляющий более 48 % от суммарной дисперсии. При этом наблюдается прямая связь варьирования указанных характеристик качества стока с величиной межгодовых флуктуаций среднегодового и наибольшего расходов воды. Фактор 2, составляющий более 21 % от суммарной дисперсии, связан прямой связью с температурой воды холодного периода. Фактор 3, дающий более 14 % вклада, зависит от температуры воды теплого периода.

Практика показывает, что если вращение факторных осей, как в данном случае, не произвело существенных изменений в структуре факторного пространства, это свидетельствует о его устойчивости и о стабильности данных.

По численным значениям первых двух факторов было произведено группирование случаев (годов) (рис. 6).

Все годы в координатах главных факторов разделились на пять групп: 1 – 2003 г.; 2 – 2006, 2010 и 2011 гг.; 3 – 2004 и 2006 гг.; 4 – 2007, 2009, 2012 гг. и 5 – 2008 г. Как распределились по этим группам значения характеристик стока, имеющих в пространстве двух главных фак-

Таблица 3. Оценка качества стока в створе река Лендерка – пос. Лендеры по совокупности химических компонентов за 2003–2012 годы  
 Table 3. Assessment of the runoff quality in the Lenderka River section – the Lendery Village by the totality of chemical components in 2003–2012

Год Year	V стока, M <sup>3</sup> V runoff, m <sup>3</sup>	Частичные объемы Relative volume	Интервалы Intervals	T <sub>заг</sub> сут T <sub>poll</sub> day	T <sub>заг</sub> % T <sub>poll</sub> %	V <sub>заг</sub> M <sup>3</sup> V <sub>poll</sub> m <sup>3</sup>	V <sub>заг</sub> % V <sub>poll</sub> %	УКИЗВ SCWPI	К запаса Stock	Класс и разряд Class and grade	Характеристика воды в стоке Description of the water in the runoff	Показатели с обобщенным оценочным баллом S ≥ 9 Indices with a generalized assessed score S ≥ 9
2003	9,85E+08	нет no	Оценка за год A year	365	100	9,85E+08	100	0,6	1	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
2004	1,73E+09	1	01.01–31.05 02.12–31.12	182	49,73	5,04E+08	29,15	0,79	0,98	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>
		2	01.06–01.12	184	50,27	1,22E+09	70,85	1	0,9	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	«
2005	1,12E+09	нет no	Оценка за год A year	366	100	1,73E+09	100	0,94	0,92	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	«
		нет no	Оценка за год A year	365	100	1,12E+09	100	0,64	0,9	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
2006	1,86E+09	нет no	Оценка за год A year	365	100	1,86E+09	100	1,04	0,9	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	Cu <sup>2+</sup>
		1	27.05–31.12	219	60	1,41E+09	57,36	0,82	0,97	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>
2007	2,46E+09	2	01.01–26.05	146	40	1,05E+09	42,64	1	0,93	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	«
		нет no	Оценка за год A year	365	100	2,46E+09	100	0,9	0,95	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
2008	2,86E+09	нет no	Оценка за год A year	366	100	2,86E+09	100	0,86	0,9	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
		нет no	Оценка за год A year	365	100	2,03E+09	100	0,74	0,93	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
2009	2,03E+09	1	01.01–08.02 08.04–31.12	307	84,11	1,18E+09	92,95	0,66	0,99	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
		2	09.02–07.04	58	15,89	8,94E+07	7,05	0,97	0,9	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	«
2010	1,27E+09	нет no	Оценка за год A year	365	100	1,27E+09	100	0,68	0,99	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>
		нет no	Оценка за год A year	365	100	1,28E+09	100	0,61	1	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«
2011	1,28E+09	1	01.01–19.10	293	80,05	1,71E+09	81,32	0,75	0,91	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	Fe <sub>общ</sub> Fe <sub>total</sub>
		2	20.10–31.12	73	19,95	3,92E+08	18,68	1,15	0,9	2-й класс 2 <sup>nd</sup> class	Слабозагрязненная Slightly contaminated	«
2012	2,10E+09	нет no	Оценка за год A year	366	100	2,10E+09	100	0,82	0,91	1-й класс 1 <sup>st</sup> class	Условно чистая Conditionally pure	«

Примечание. Жирным шрифтом выделены среднегодовые оценки.

Note. Average annual assessments are given in bold.

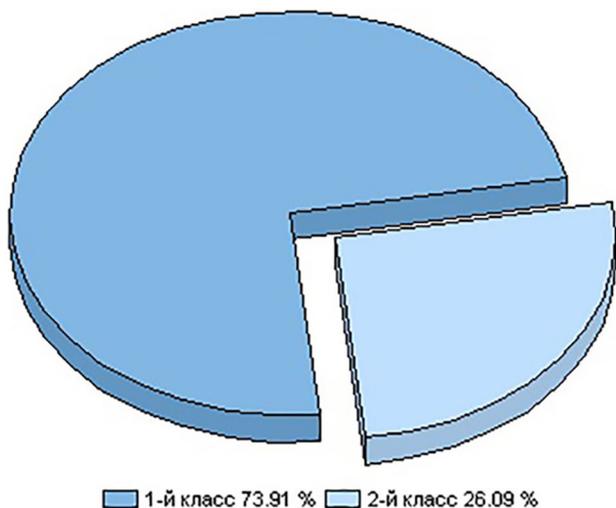


Рис. 4. Доли частичных объемов стока реки Лендерка, усредненные за весь период с 2003 по 2012 год и оцененные по классам

Fig. 4. Shares of partial volume of the Lenderka River runoff, averaged over the entire period from 2003 to 2012 and assessed by classes

торов высокие факторные нагрузки, показано в табл. 5.

Очевидно, что в направлении от группы 1 к группе 5 увеличивается среднегодовой расход воды от 31,0 до 90,7 м<sup>3</sup>/с, увеличиваются также значения  $V_{\text{заг}}$  стока воды со значениями рН ниже нормы, а также загрязненность воды, так как растут значения УКИЗВ. Температура воды холодного периода снижается в направлении от группы 1 к группе 3 и увеличивается от группы 3 к группе 5 (табл. 5).

Сравнение табл. 5 и рис. 6 показало, что при положительных значениях проекций случаев на ось фактора 1 значения УКИЗВ и расхода воды меньше (группа годов 1 и 2), чем при отрицательных (группы 3, 4, и 5). При положительных значениях проекций случаев на ось фактора 2 температура воды ниже, а значения УКИЗВ выше, при отрицательных – температура воды увеличивается и значения УКИЗВ немного снижаются.

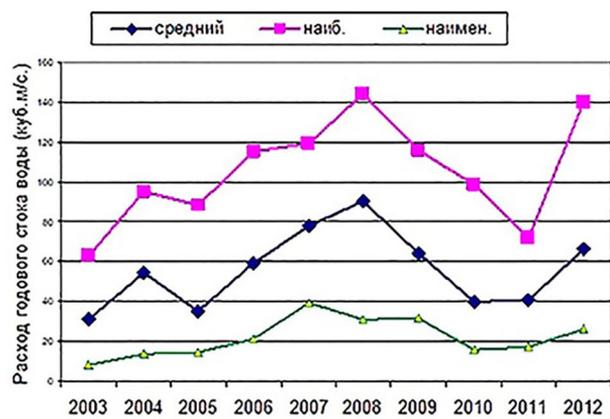
Таблица 4. Матрица основных факторов, определяющих временное варьирование характеристик качества стока воды в створе река Лендерка – пос. Лендеры в 2003–2012 годах

Table 4. Matrix of the main factors determining the temporal variation of the runoff quality in the Lenderka River section – the Lendery Village in 2003–2012

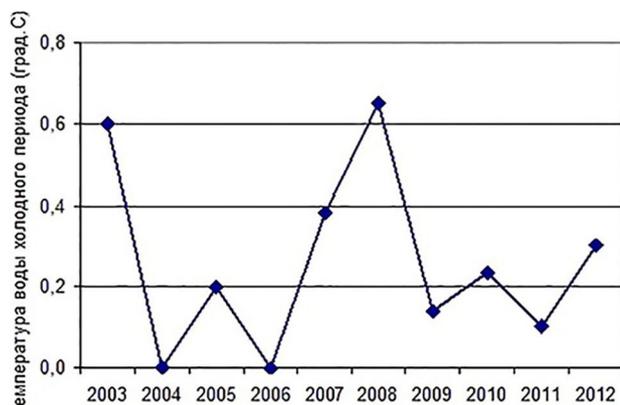
Переменные Variables	Факторы Factors					
	До вращения Before rotation			После вращения After rotation		
Среднегодовые величины Average annual values	1	2	3	1	2	3
$V_{\text{заг}} \cdot \text{Cu}^{2+}$ $V_{\text{полл}} \cdot \text{Cu}^{2+}$	<i>0,581520</i>	<i>0,546285</i>	0,163251	<i>0,611733</i>	0,516092	0,150581
$V_{\text{заг}} \cdot \text{pH}$ $V_{\text{полл}} \cdot \text{pH}$	<b>0,834043</b>	0,262354	0,120323	<b>0,848096</b>	0,218300	0,109605
$V_{\text{заг}} \cdot \text{O}_2\%$ $V_{\text{полл}} \cdot \text{O}_2\%$	<i>0,639576</i>	0,493093	0,123369	<i>0,664209</i>	0,455876	0,135725
Q средний расход воды, м <sup>3</sup> /с Q average water consumption, м <sup>3</sup> /s	<b>0,965221</b>	0,165081	0,041187	<b>0,954441</b>	0,217817	0,046877
Q наибольший расход воды, м <sup>3</sup> /с Q maximum water consumption, м <sup>3</sup> /s	<b>0,946480</b>	0,085987	0,015955	<b>0,940535</b>	0,137041	0,009284
УКИЗВ SCWPI	<b>0,762113</b>	0,462481	0,348481	<b>0,782852</b>	0,415551	0,361391
T воды холодного периода T water of the cold period	0,135723	<b>0,933517</b>	0,086899	0,084136	<b>0,940621</b>	0,074697
T воды теплого периода T water of the warm period	0,012218	0,067611	<b>0,981692</b>	0,000402	0,081714	<b>0,980695</b>
Общая дисперсия Total variance	3,869712	1,734956	1,151010	3,950158	1,652181	1,153340
Вклад в % Contribution to %	48,37	21,69	14,39	49,38	20,65	14,42

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения высоких факторных нагрузок для перечисленных переменных. Факторные нагрузки переменных, близкие к высоким, отмечены курсивом.

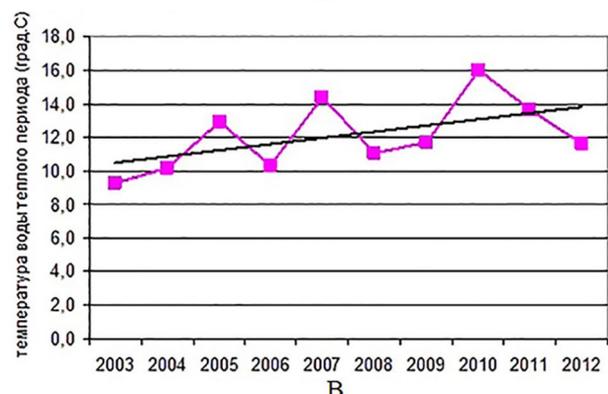
Note. The values of the high factor loadings for the listed variables are given in bold. The factor loadings of the variables close to high ones are given in italics.



А



Б



В

Рис. 5. Тенденции изменения расходов воды (А), температуры воды холодного (Б) и теплого (В) периодов года в створе река Лендерка – пос. Лендеры за 2003–2012 годы

Fig. 5. Trends in water discharge (A), water temperature in cold (B) and warm (C) periods in the Lenderka River section – the Lendery Village in 2003–2012

Таким образом, в трансграничном стоке реки Лендерка в пограничную с Россией Финляндию в среднем за период с 2003 по 2012 год преобладают доли объемов «условно чистой воды» первого класса. Периодическое увеличение долей объемов «слабозагрязненной» воды второго класса связано в основном с увеличением расходов речного стока. Механизм влия-

ния температуры воды теплого и холодного периодов года на загрязненность воды не совсем ясен из-за недостаточного ряда наблюдений.

## Выводы

1. Характеристики и оценки качества трансграничного стока реки Лендерка в пограничную с Россией Финляндию получены путем совместной обработки гидрохимической и гидрологической информации по режимным наблюдениям Северо-Западного УГМС в пограничном с Финляндией створе реки Лендерка у пос. Лендеры за период с 2003 по 2012 год. Расчеты производились по 19 химическим компонентам с помощью новой автоматизированной технологии, разработанной в ФГБУ «ГГИ».

2. Характеристики качества стока по единичным химическим компонентам:

2.1. Превышения ПДК отмечены только для четырех химических компонентов – БПК<sub>5</sub>, Fe<sub>общ</sub>, Cu<sup>2+</sup> и нефтепродуктов. Значения ниже ПДК имели место для насыщения воды кислородом и для pH.

2.2. Средние за период значения V<sub>заг</sub> % стока воды, загрязненной этими компонентами, уменьшались в ряду: Fe<sub>общ</sub>, pH, Cu<sup>2+</sup>, O<sub>2</sub>%, БПК<sub>5</sub> и нефтепродукты от 100 до 2,4 %. Максимальные значения V<sub>заг</sub> % для Fe<sub>общ</sub>, Cu<sup>2+</sup> и pH составили 100 %, для O<sub>2</sub> % – более 40 % и для БПК<sub>5</sub> и нефтепродуктов – 12 %.

2.3. Можно отметить некоторую тенденцию увеличения в течение периода наблюдений годовых величин V<sub>заг</sub> % стока воды с величинами pH ниже нормы. Однонаправленных многолетних тенденций изменения относительных объемов стока воды, загрязненной медью и насыщенной кислородом ниже значений ПДК, в период 2003–2012 годов не наблюдалось.

3. Оценки качества стока по совокупности химических компонентов:

3.1. Показано, что трансграничный сток реки Лендерка в 2003, 2005, 2008, 2009 и 2011 годах однороден и представлен «условно чистой» водой первого класса, а в 2006 году – «слабозагрязненной» водой второго класса. В остальные годы сток воды состоит из двух частичных объемов «условно чистой» воды первого класса и «слабозагрязненной» второго класса. В зависимости от соотношения этих объемов вода в годовом стоке за 2007, 2010 и 2012 годы оценена как «условно чистая», а в 2004 году как «слабозагрязненная».

3.2. Усредненный за весь период сток оценивается как сток «условно чистой» воды первого класса. Он состоял из 73,91 % «условно

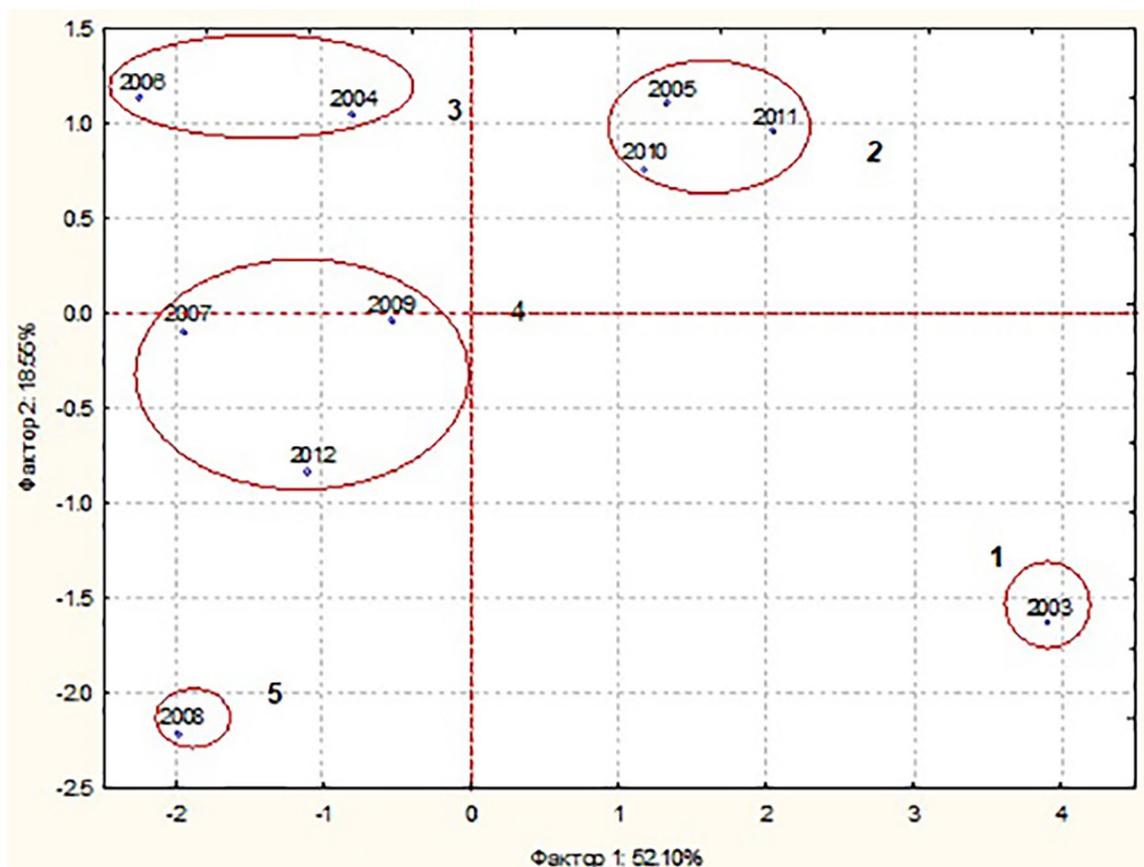


Рис. 6. Группирование случаев (годов) в координатах главных факторов, определяющих временное варьирование качества стока в створе река Лендерка – пос. Лендеры за период с 2003 по 2012 год

Fig. 6. Grouping of cases (years) in the coordinates of the main factors that determine the temporal variation of the flow quality in the Lenderka River section – the Lendery Village for the period from 2003 to 2012

Таблица 5. Годы наблюдений в створе река Лендерка – пос. Лендеры, объединенные в группы, и распределение по группам значений переменных, имеющих высокие факторные нагрузки

Table 5. Years of observations in the Lenderka River section – the Lendery Village, combined into groups, and the distribution of variables values with high factor loadings by groups

Годы Years	Группы Groups	Средний расход воды, м³/с Average water consumption, m³/s	T воды холодного периода T water of the cold period	V <sub>зар.</sub> воды с pH ниже ПДК V <sub>poll.</sub> water with pH below the MPC	УКИЗВ SCWPI	V <sub>зар.</sub> %* стока воды второго класса V <sub>poll.</sub> %* 2 <sup>nd</sup> class water runoff
2003	1	31,2	0,6	66,33	0,6	
2005	2	35,4	0,2	72,2	0,64	
2010		40,2	0,2	88,22	0,68	7,05
2011		40,7	0,1	91,39	0,61	
2004	3	54,7	0,0	95,6	0,94	70,85
2006		59,1	0,0	100	1,04	100
2007	4	78,0	0,4	100	0,9	42,64
2009		64,4	0,1	100	0,74	
2012		66,5	0,3	100	0,82	18,60
2008	5	90,7	0,7	100	0,86	

Примечание. V<sub>зар.</sub> %\* – значения взяты из табл. 3, не использованы в факторном анализе.

Note. V<sub>poll.</sub> %\* – values are taken from Tab. 3, they are not used in the factor analysis.

чистой» воды 1 класса и 26,09 % «слабозагрязненной» 2 класса.

4. Факторы, влияющие на многолетнюю динамику качества стока реки Лендерка:

4.1. С помощью факторного анализа показано, что на межгодовое варьирование относительных объемов стока воды со значениями рН ниже нормы и на годовые значения УКИЗВ оказывает влияние фактор 1, составляющий более 48 % от суммарной дисперсии. При этом наблюдается прямая связь варьирования указанных характеристик загрязненности стока с величиной межгодовых флуктуаций среднегодового и наибольшего расходов воды. Фактор 2, составляющий более 21 % от суммарной дисперсии, связан прямой связью с температурой воды холодного периода. Фактор 3, дающий более 14 % вклада, зависит от температуры воды теплого периода.

4.2. Все годы в координатах главных факторов разделились на пять групп: 1 – 2003 г.; 2 – 2006, 2010 и 2011 гг.; 3 – 2004 и 2006 гг.; 4 – 2007, 2009, 2012 гг. и 5 – 2008 г.

4.3. Распределение по группам значений переменных, имеющих высокие факторные нагрузки, показало, что в направлении от группы 1 к группе 5 увеличивается среднегодовой расход воды от 31,0 до 90,7 м<sup>3</sup>/с, увеличиваются значения  $V_{\text{заг}}$  стока воды с рН ниже нормы, а также загрязненность воды, так как растут значения УКИЗВ.

4.4. Температура воды холодного периода снижается в направлении от группы 1 к группе 3 и увеличивается от группы 3 к группе 5. При наиболее низких значениях температуры холодного периода в группе 3, то есть в 2004 и 2006 году, наблюдаются наиболее высокие значения УКИЗВ.

4.5. Механизм влияния температуры воды теплого и холодного периодов года на загрязненность воды до конца неясен из-за недостатка данных. Можно предположить, что их величины связаны с соотношением снеговой и дождевой составляющих стока.

## Литература

Драйвер Д. Геохимия природных вод. М.: Мир, 1985. 439 с.

Емельянова В. П. Методология и методы комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2006. 254 с.

Иберла К. Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 398 с.

Караушев А. В., Скакальский Б. Г. Актуальные проблемы исследования качества поверхностных

вод // Метеорология и гидрология. 1973. № 10. С. 73–81.

Караушев А. В., Скакальский Б. Г. Проблемы мониторинга качества поверхностных вод суши // Проблемы современной гидрологии: Сб. статей. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 94–105.

Караушев А. В. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 286 с.

Карелия: энциклопедия: в 3 т. / Гл. ред. А. Ф. Титов. Т. 2: К–П. Петрозаводск: ПетроПресс, 2009. С. 145–464.

Колесникова Е. В. Развитие теории и методов оценки загрязнения речных вод: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2008. 25 с.

РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 48 с.

РД 52.24.508-96. Методические указания. Организация и функционирование подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод суши. М.: Росгидромет, 1999. 44 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Сев.-Зап. упр. гидрометеорол. службы, 1965. 699 с.

Румянцева Э. А., Бобровицкая Н. Н. Методика интегральной оценки многолетних изменений качества речного стока на примере р. Ворскла // Метеорология и гидрология. 2012. № 5. С. 85–95.

Румянцева Э. А., Бобровицкая Н. Н., Ильин Е. В. Новый подход к автоматизированному расчету частичных объемов речного стока разной степени загрязнения (на примере р. Селенга) // Метеорология и гидрология. 2014. № 6. С. 51–60.

Румянцева Э. А., Бобровицкая Н. Н., Шмакова М. В. Использование автоматизированной технологии для расчетов характеристик качества стока по данным гидрохимических и гидрологических наблюдений // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020а. Т. 2, вып. 3. С. 272–294. doi: 10.34753/HS.2020.2.3.272

Румянцева Э. А., Бобровицкая Н. Н., Сухоногова Е. С. Единая оценка количества и качества водного стока реки Сейм с помощью новой автоматизированной технологии // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020б. Т. 2, вып. 1. С. 53–70. doi: 10.34753/HS.2020.2.1.53

Румянцева Э. А., Бобровицкая Н. Н. Характеристика качества стока рек России, трансграничных с Беларусью, Украиной и Казахстаном, и его связь с бассейновыми геосистемами // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2, вып. 2. С. 173–195. doi: 10.34753/HS.2020.2.2.173

Скакальский Б. Г. Оценка качества речных вод // Методы расчета речного стока: Международные высшие гидрологические курсы ЮНЕСКО, МГУ: в 2-х ч. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 98–112.

Поступила в редакцию 14.04.2021

## References

Driver D. Geokhimiya prirodnykh vod [Geochemistry of natural waters]. Moscow: Mir, 1985. 439 p.

Emel'yanova V. P. Metodologiya i metody kompleksnoi otsenki zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam [Methodology and methods of integrated assessment of surface water pollution by hydrochemical indicators]: PhD (Cand. of Geogr.) thesis. Rostov-on-Don, 2006. 254 p.

Karushev A. V., Skakal'skii B. G. Aktual'nye problemy issledovaniya kachestva poverkhnostnykh vod [Actual problems of surface water quality research]. *Meteorol. i gidrol.* [Russ. Meteorol. and Hydrol.]. 1973. No. 10. P. 73–81.

Karushev A. V., Skakal'skii B. G. Problemy monitoringa kachestva poverkhnostnykh vod sushi [Problems of monitoring land surface water quality]. *Probl. sovr. gidrol.: Sb. statei* [Probl. of Modern Hydrol.: Proceed.]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. P. 94–105.

Karushev A. V. Metodicheskie osnovy otsenki i reglamentirovaniya antropogennogo vliyaniya na kachestvo poverkhnostnykh vod [Methodological foundations for assessing and regulating the anthropogenic impact on surface water quality]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. 286 p.

Kareliya: entsiklopediya: v 3 t. [Karelia: Encyclopedia: in 3 volumes]. Ed. A. F. Titov. Vol. 2: K–P. Petrozavodsk: PetroPress, 2009. P. 145–464.

Kolesnikova E. V. Razvitiye teorii i metodov otsenki zagryazneniya rechnykh vod [Development of theory and methods of assessment of river water pollution]: Summary PhD (Cand. of Geogr.) thesis. St. Petersburg, 2008. 25 p.

RD 52.24.643-2002. Metodicheskie ukazaniya. Metod kompleksnoi otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam [Guidelines. The method of integrated assessment of the degree of pollution of surface waters by hydrochemical indicators]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003. 48 p.

RD 52.24.508-96. Metodicheskie ukazaniya. Organizatsiya i funktsionirovaniye podsystemy monitoringa sostoyaniya transgranichnykh poverkhnostnykh vod sushi [Guidance document. Methodical instructions. Organization and functioning of a subsystem for monitoring the state of transboundary surface waters on land]. Moscow: Rosgidromet, 1999. 44 p.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost' T. 2. Kareliya i Severo-Zapad [USSR surface water resources. Hydrological state of knowled-

ge. Vol. 2. Karelia and Northwest]. Leningrad: Sev.-Zap. upr. gidrometeorol. sluzhby, 1965. 699 p.

Rumyantseva E. A., Bobrovitskaya N. N. Metodika integral'noi otsenki mnogoletnykh izmenenii kachestva rechnogo stoka na primere r. Vorskla [Methodology for the integral assessment of long-term changes in the quality of river runoff on the example of the Vorskla River]. *Meteorol. i gidrol.* [Russ. Meteorol. and Hydrol.]. 2012. No. 5. P. 85–95.

Rumyantseva E. A., Bobrovitskaya N. N., Il'in E. V. A new approach to the automatic computation of partial volumes of river runoff with various degrees of pollution (a case study for the Selenga River). *Russ. Meteorol. and Hydrol.* 2014. Vol. 39, no. 6. P. 395–401. doi: 10.3103/S1068373914060053

Rumyantseva E. A., Bobrovitskaya N. N., Shmakova M. V. Ispol'zovanie avtomatizirovannoi tekhnologii dlya raschetov kharakteristik kachestva stoka po danym gidrokhimicheskikh i gidrologicheskikh nablyudeniim [The use of automated technology for calculating the characteristics of runoff quality based on the data of hydrochemical and hydrological observations]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Dangerous Processes and Phenomena]. 2020a. Vol. 2, iss. 3. P. 272–294. doi: 10.34753/HS. 2020.2.3.272

Rumyantseva E. A., Bobrovitskaya N. N., Sukhonorogova E. S. Edinaya otsenka kolichestva i kachestva vodnogo stoka reki Seim s pomoshch'yu novoi avtomatizirovannoi tekhnologii [Unified assessment of the quantity and quality of water runoff of the Seim River using new automated technology]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Dangerous Processes and Phenomena]. 2020b. Vol. 2, iss. 1. P. 53–70. doi: 10.34753/HS. 2020.2.1.53

Rumyantseva E. A., Bobrovitskaya N. N. Kharakteristika kachestva stoka rek Rossii, transgranichnykh s Belarus'yu, Ukrainoi i Kazakhstanom, i ego svyaz' s basseinovymi geosistemami [Characteristics of the flow quality of the rivers of Russia, transboundary with Belarus, Ukraine and Kazakhstan, and its relationship with basin geosystems]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Dangerous Processes and Phenomena]. 2020. Vol. 2, iss. 2. P. 173–195. doi: 10.34753/HS. 2020.2.2.173

Skakal'skii B. G. Otsenka kachestva rechnykh vod [River water quality assessment]. *Metody rascheta rechnogo stoka: Mezhdunarod. vysshie gidrol. kursy YuNESKO, MGU* [Methods for calculating river flow: UNESCO Int. Higher Hydrol. Courses, MSU]. Pt. 1. Moscow: MGU, 1980. P. 98–112.

Überla K. Faktorenanalyse. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1977. 400 p.

Received April 14, 2021

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### Румянцева Эльвира Александровна

главный специалист, старший научный сотрудник, к. с.-х. н. Государственный гидрологический институт  
2-я линия В. О., 23, Санкт-Петербург, Россия, 199053  
эл. почта: rumic@mail.ru; rumi39@gmail.com  
тел.: (812) 3231249

## CONTRIBUTORS:

### Rumyantseva, Elvira

State Hydrological Institute  
23, 2<sup>nd</sup> Line of Vasilievsky Island, 199053 St. Petersburg, Russia  
e-mail: rumic@mail.ru  
tel.: (812) 3231249

**Бобровицкая Нелля Николаевна**

зав. отделом мониторинга и экспедиционных исследований, д. г. н.  
Государственный гидрологический институт  
2-я линия В. О., 23, Санкт-Петербург, Россия, 199053  
эл. почта: bobrovi@ggi.nw.ru  
тел.: (812) 3231249

**Bobrovitskaya, Nellya**

State Hydrological Institute  
St. Petersburg, Russia  
23, 2<sup>nd</sup> Line of Vasilievsky Island, 199053 St. Petersburg, Russia  
e-mail: bobrovi@ggi.nw.ru  
tel.: (812) 3231249