

УДК 556.114.001.24(282.247.326.2)

DOI: 10.34753/HS.2020.2.1.53

## ЕДИНАЯ ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ВОДНОГО СТОКА РЕКИ СЕЙМ С ПОМОЩЬЮ НОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Э.А. Румянцева, Н.Н. Бобровицкая,  
Е.С. Сухоногова

*Государственный гидрологический институт,  
г. Санкт-Петербург, Россия  
bobrovi@ggi.nw.ru*

## A UNIFIED ASSESSMENT OF THE QUANTITY AND QUALITY OF THE SEIM RIVER WATER FLOW USING NEW AUTOMATED TECHNOLOGY

El'vira A. Rumyantseva,  
Nelly N. Bobrovitskaya,  
Ekaterina S. Sukhonogova  
*State hydrological Institute,  
St. Petersburg, Russia  
bobrovi@ggi.nw.ru*

**Аннотация.** Качество воды в настоящее время оценивается независимо от величины стока воды. Поэтому для водной отрасли особенно актуальным является получение единой оценки количества и качества водного стока рек. С помощью автоматизированного программного комплекса «Оценка показателей загрязнённого и чистого стока», разработанного в Государственном гидрологическом институте, стала возможной совместная обработка больших объёмов стандартных гидрохимических и гидрологических данных наблюдений на постах. Первая часть автоматизированного программного комплекса позволяет разделить объём речного стока по единичному загрязняющему компоненту на чистый, когда его концентрация в стоке не превышает предельно допустимых значений, и на загрязнённый, когда она выше ПДК. Основным показателем качества речного стока воды в этой методике является часть загрязнённого объёма, выраженная в процентах от общего объёма. Во второй части автоматизированного программного комплекса впервые производится разделение годового объёма речного стока на несколько частичных объёмов, различающихся по совокупности загрязняющих веществ, и по классам загрязнённости в соответствии с РД 52.24.643-2002<sup>1</sup>. Полученные оценки представлены в виде «паспорта качества стока» за определённый временной период. С помощью

**Abstract.** Water quality is currently being evaluated regardless of the amount of water flow. Therefore, for the water industry, it is especially important to obtain a unified assessment of the quantity and quality of river water flow. Using the automated software package “Assessment of Polluted and Clean Runoff Indicators” developed at the State Hydrological Institute, it became possible to jointly process large volumes of standard hydrochemical and hydrological observation data at the posts. The first part of automated software package allows you to divide the volume of river flow by a single ingredient into pure when its concentration in the effluent does not exceed the maximum permissible concentrations (MPC), and into polluted when it is higher than the MPC. The main indicator of the quality of river water runoff in this method is the relative volume of runoff contaminated with a single ingredient. In the second part of automated software package, the annual volume of river flow is divided into partial volumes of various durations that differ in the composition of the complex of pollutants, and their degree of pollution is estimated by classes in accordance with ANON (2002) 52.24.643-2002<sup>1</sup>. The estimates obtained are presented as a “flow quality certificate”. Based on the data on water quality monitoring of the Department of Hydrometeorological Service of the Central Black Soil Regions, using the automated software package, the

автоматизированного программного комплекса по данным наблюдений Управления гидрометеорологической службы Центральные Черноземных Областей произведены оценки качества стока по единичным химическим веществам и по их совокупности в пограничном гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг. Показана многолетняя динамика качества стока р. Сейм и выявлены влияющие на нее факторы. Река Сейм впадает в реку Десна. Ближайший гидрологический пост расположен на р. Сейм в г. Рыльск. Площадь водосбора реки у г. Рыльск составляет 18 100 км<sup>2</sup>, а расстояние поста от устья равно 359 км.

**Ключевые слова:** река Сейм; автоматизированный программный комплекс; режимные наблюдения; загрязнённый сток; паспорт качества речного стока; динамика качества стока.

<sup>1</sup>РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 48 с.

Guidance document 52.24.643-2002. A method for a comprehensive assessment of the degree of surface waters pollution by hydrochemical indicators. Saint-Petersburg, Hydrometeorological Publ., 2002. 48 p. (In Russian).

## Введение

Современные оценки стока рек, как правило, ограничены количественными гидрологическими характеристиками. Оценки качества воды производятся независимо от гидрологических показателей стока, в частности его объёмов. Одним из актуальных направлений системы мониторинга стока рек, особенно трансграничных, является разработка методики, с помощью которой был бы получен индивидуальный «паспорт качества речного стока» для изучаемого участка реки и временного периода, связывающий количественные и качественные характеристики речного стока.

Единые оценки качества и количества стока могут стать документальной основой в водной отрасли России, а также могут быть использованы для научных изысканий в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки на водные объекты, изменения климата и опасных процессов в гидросфере.

В Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный

гидрологический институт» (далее – ФГБУ «ГГИ») создан и совершенствуется автоматизированный программный комплекс «Оценка показателей загрязнённого и чистого стока» (далее – АПК), с помощью которого возможна оперативная совместная и детальная обработка больших объёмов гидрологической и гидрохимической стандартной (режимной) информации. АПК работает под управлением операционной системы Microsoft Windows. Интерфейс программы состоит из трех основных структурных элементов: главного меню, управления данными по постам и результатов расчётов. Добавление в базу АПК как данных гидрохимических, так и гидрологических наблюдений осуществляется в формате Microsoft Excel. В одной рабочей области приводятся таблицы с расходами воды выбранного гидрометрического створа за весь представленный в архиве период наблюдений. В другой рабочей области – таблицы с гидрохимическими данными выбранного гидрохимического створа также за весь период наблюдений. Результаты расчетов представлены

**Keywords:** the Seim River; automated software package; operational observations; polluted runoff; river flow quality certificate; flow quality dynamics.

загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим

гидрологический институт» (далее – ФГБУ «ГГИ») создан и совершенствуется автоматизированный программный комплекс «Оценка показателей загрязнённого и чистого стока» (далее – АПК), с помощью которого возможна оперативная совместная и детальная обработка больших объёмов гидрологической и гидрохимической стандартной (режимной) информации. АПК работает под управлением операционной системы Microsoft Windows. Интерфейс программы состоит из трех основных структурных элементов: главного меню, управления данными по постам и результатов расчётов. Добавление в базу АПК как данных гидрохимических, так и гидрологических наблюдений осуществляется в формате Microsoft Excel. В одной рабочей области приводятся таблицы с расходами воды выбранного гидрометрического створа за весь представленный в архиве период наблюдений. В другой рабочей области – таблицы с гидрохимическими данными выбранного гидрохимического створа также за весь период наблюдений. Результаты расчетов представлены

в АПК, как в наглядном графическом виде, так и в табличной форме.

Задачей данной работы явилась единая оценка количества и качества водного стока, как по единичным гидрохимическим компонентам, так и по их совокупностям в пограничном с Украиной гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино в период 1993-2013 гг. с помощью новой автоматизированной технологии с целью показать её оперативность и возможность использования результатов расчётов для решения различных задач водной отрасли, в частности для изучения факторов, формирующих качество стока рек.

### Методы

АПК состоит из двух разных методик. Первая включает основные положения, разработанные ранее в ФГБУ «ГГИ»<sup>2</sup>, о показателях, связывающих величины стока воды с отдельными гидрохимическими компонентами [Караушев, Скакальский, 1973; Караушев, Скакальский, 1979; Скакальский, 1980; Методические основы, 1987].

Первая часть программного комплекса позволяет разделить объём речного стока по единичному гидрохимическому компоненту на чистый, когда его концентрация в стоке не превышает предельно допустимых значений (далее – ПДК), и на загрязнённый, когда она выше ПДК [Румянцева, Бобровицкая, 2012].

Основным показателем качества речного стока воды в первой части методики является относительный объём стока загрязнённого единичным компонентом ( $V_{\text{заг}}$ , %). Он выражается отношением объёма стока загрязнённой воды  $V_{\text{заг}}$ , перенесённой через заданный створ за год ко всему годовому стоку реки  $V_{\text{год}}$ .

Показатель относительной продолжительности загрязнённого 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  $T_{\text{год}}$ .

Вторая часть АПК разработана на основе первой. Это новая методика, которая позволяет разделить объём речного стока на частичные объёмы, различающиеся совокупностью загрязняющих веществ, и оценить загрязнённость воды в этих объёмах в соответствии с РД 52.24.643-2002<sup>3</sup>.

Для разделения годового объёма речного стока на частичные объёмы на одном хронологическом графике совмещаются периоды продолжительностей загрязнённого стока для всех загрязняющих компонентов. Это позволяет выделить продолжительности и соответственно частичные объёмы стока, различающиеся по составу загрязняющих веществ [Румянцева, Бобровицкая, Ильин, 2014]. В соответствии с РД 52.24.643-2002<sup>4</sup> в каждом частичном объёме была произведена оценка загрязнённости воды по классам и разрядам.

В конечном результате после объединения частичных объёмов воды, имеющих одинаковые степени загрязнённости (классы и разряды), получаем индивидуальный «паспорт качества речного стока» для изучаемого участка реки для каждого года и всего исследуемого периода. Он включает объединённые по классам и разрядам величины частичных расходов воды и продолжительностей их стока, их абсолютные и относительные величины, а также календарные даты их реализации. Кроме того, дается характеристика состояния загрязнённости для каждого класса и разряда.

Основными показателями качества речного стока воды во второй части методики являются относительные объёмы ( $V_{\text{заг}}$ , %) и относительные продолжительности ( $T_{\text{заг}}$ , %) частичных его объёмов разных классов загрязнённости.

Для проведения расчетов производилась линейная интерполяция измеренных значений концентраций гидрохимических показателей с

<sup>2</sup>Рекомендации по применению интегральных показателей для оценки качества воды и загрязнённости рек и водоемов. Л.: ГГИ, 1977. 72 с.

<sup>3</sup>РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 48 с.

<sup>4</sup>Там же

использованием суточного шага гидрографа. Это позволяет сгладить особенности исходных рядов гидрохимической информации (её неоднородность, неэквилибренность, зависимость концентрации от водности реки) [Смыжова, 2010, Шелудко, Колесникова, Смыжова, 2010].

Расчеты для каждой доли объемов осуществлялись не только по измеренным, но и по интерполированным значениям. Оценка качества стока воды за год и за весь период производилась с учетом вклада частичных объемов различной продолжительности и качества.

Для выявления механизмов изменения качества стока р. Сейм за исследуемый период был применен факторный анализ. Факторы объединяют в одну группу переменные, которые могут быть прямо или косвенно связаны с некоторым определенным источником или процессом и которые условно можно считать репрезентативными [Иберла, 1980].

### **Характеристика данных наблюдений**

В основу исследований положены гидрохимические и гидрологические данные 1993-2013 гг., полученные в результате режимных наблюдений Управления гидрометеорологической службы Центральные Черноземных Областей в пограничном с Украиной гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино и на ближайшем гидрологическом посту р. Сейм – г. Рыльск. Разница в площадях водосборов указанных пунктов наблюдений составляет 11%, в то время как совместное использование гидрологических и гидрохимических данных в территориально

удалённых пунктах допустимо при соотношении в 2-5%, согласно нормативам<sup>5</sup>.

Поэтому для производства расчётов показателей качества стока в гидрохимическом пункте, территориально удалённом от гидрологического поста, потребовалось моделирование гидрографа стока воды по ближайшему гидрологическому посту и по постам-аналогам. Эта работа была проведена Сухоноговой Е.С. ранее по методике, изложенной в [Воскресенский, 2000]. Сравнение оценок качества стока за весь период с пересчётом и без пересчёта гидрографа показало, что они практически совпадают. Поэтому оценки качества стока в гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг. обоснованно производились без пересчёта гидрографа.

В рабочей области АПК «Характеристики исходных гидрохимических данных» предоставляется возможность просмотра двух таблиц – «Количество проб по годам» и «Пределы варьирования». Количество определений в год было неоднородным и изменялось в основном от 6 до 16, редко было равно 4. Пределы варьирования измеренных значений гидрохимических показателей в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг. приведены в таблице 1. Наблюдения за загрязнением воды проводились по указанному в таблице 1 перечню гидрохимических показателей.

Полужирным шрифтом в таблице 1 отмечены показатели, значения которых в то или иное время изучаемого периода превышают ПДК для рыбохозяйственного применения<sup>6</sup>. Данные ПДК выбраны как наиболее жесткие.

<sup>5</sup>Наставление гидрометеорологическим станциям и постам: Выпуск 6. Часть III. Составление и подготовка к печати Гидрологического ежегодника. Л.: Гидрометеиздат, 1958. 294 с.

<sup>6</sup>Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Издательство ВНИРО, 1999. 304 с.

**Таблица 1.** Пределы варьирования измеренных значений гидрохимических компонентов в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

**Table 1.** The limits of variation of the measured values of hydrochemical components at the point of the Seim River – Tetkino village for the period from 1993 to 2013

Гидрохимические компоненты	Размерность	Класс опасности	Пределы варьирования	
			Min	Max
Водородный показатель (рН)		Усл. 4	6,8	<b>8,9</b>
Растворенный кислород, O <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	Усл. 4	5,36	15,6
	% насыщения		<b>37,9</b>	149,2
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> )	мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		0,92	<b>5,19</b>
Бихроматная окисляемость (ХПК)	мг O/дм <sup>3</sup>	Усл. 4	7,56	<b>60,1</b>
Аммоний солевой (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг N/дм <sup>3</sup>	4	0	<b>1,93</b>
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг N/дм <sup>3</sup>	3	0,02	2,51
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мг N/дм <sup>3</sup>	Усл. 4	0	<b>0,12</b>
Фосфаты	мг P/дм <sup>3</sup>	4-э	0	<b>0,49</b>
Fe <sub>общ</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	4	0,02	<b>0,45</b>
Cu <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	<b>0,01</b>
Zn <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	<b>0,012</b>
Cr <sup>6+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	0
Cr <sup>3+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	0,01
Ni <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	0,01
Фенолы	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	<b>0,002</b>
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	мг/дм <sup>3</sup>	4	0	<b>0,21</b>
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	3	0	<b>0,39</b>
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	4-э	39,3	110,2
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	4-э	5	39
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	4-э	13,1	96,1
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	4-э	4,8	79,9

### Оценка качества стока по единичным гидрохимическим компонентам

Основные показатели качества речного стока ( $V_{заг}$ ) и ( $T_{заг}$ ) в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

Для каждого гидрохимического компонента, каждого года и всего исследуемого периода с помощью АПК были рассчитаны основные показатели качества речного стока: продолжительности загрязнённого стока воды ( $T_{заг}$ ), в абсолютных (сутки) и относительных (%)

значениях, а также соответствующие абсолютные (м<sup>3</sup>) и относительные (%) объёмы загрязнённого стока воды ( $V_{заг}$ ). Усреднённые оценки за весь период исследований с 1993 по 2013 гг. представлены в таблице 2.

Для ХПК, БПК<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe<sub>общ</sub>, Cu<sup>2+</sup> и нефтепродуктов, наличие загрязнённого стока отмечается ежегодно в течение всего периода наблюдений. В то время как сток, загрязнённый фосфатами, имел место 19 лет, сток с насыщением воды кислородом ниже нормативного – 18 лет, загрязнённый NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 16 лет, СПАВ и рН – 5 лет, а сток с превышением ПДК по Zn<sup>2+</sup> и фенолам только 1 год.

**Таблица 2.** Относительные продолжительности и объёмы загрязнённого стока в гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино, усреднённые за период с 1993 по 2013 гг.

**Table 2.** Relative durations and volumes of polluted runoff at the hydrochemical point of the Seim River – Tetkino village, averaged over the period from 1993 to 2013.

Компоненты	Т <sub>заг</sub> , %			V <sub>заг</sub> , %			Количество лет наблюдений	
	Ср.	Мин.	Мак.	Ср.	Мин.	Мак.	С загрязненным стоком	Всего
pH	1,6	0	14	2,5	0	16,8	5	21
O <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	21
O <sub>2</sub> % насыщения	25,6	0	61,9	28,3	0	82,8	18	21
БПК <sub>5</sub>	36,7	4,4	100	49,5	3	100	21	21
ХПК	63,3	23,5	100	68,6	16,7	100	21	21
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	62,2	17,2	100	60,9	12,4	100	21	21
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	20,9	0	79,7	26,5	0	86,1	16	21
Фосфаты	34,8	0	70,4	26,5	0	78,4	19	21
Fe <sub>общ</sub>	43,2	4,9	91	48,7	4,4	91,6	21	21
Cu <sup>2+</sup>	72,8	43,7	100	76,5	33,7	100	21	21
Zn <sup>2+</sup>	0,1	0	3	0,6	0	12,4	1	21
Cr <sup>6+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	11
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	11
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21
Нефтепродукты	44,4	14,3	90,1	55,1	16,4	89,1	21	21
Фенолы	0,4	0	7,1	0,3	0	6,5	1	20
СПАВ	4,7	0	29	4,2	0	27,9	5	21
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21
Mg <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	21

При этом средние за период значения V<sub>заг</sub> % в ряду компонентов: Cu<sup>2+</sup>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нефтепродукты, БПК<sub>5</sub>, Fe<sub>общ</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, фосфаты, насыщения воды кислородом, СПАВ, Zn<sup>2+</sup>, и фенолы уменьшается от 76,5 до 0,3.

Следует отметить, что максимальные значения V<sub>заг</sub> % для БПК<sub>5</sub>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и Cu<sup>2+</sup> составили 100%, для фосфатов, насыщения воды кислородом, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нефтепродуктов и Fe<sub>общ</sub> также были высокими более 78%.

*Тенденции изменения ежегодных значений относительных объёмов речного стока (V<sub>заг</sub>, %) в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.*

Рабочая область АПК «Тенденции» представляет собой набор графиков, описывающих тенденции изменения годовых

значений относительной продолжительности и относительного объема загрязненного стока. Графики для T<sub>заг</sub>, % и V<sub>заг</sub>, % имеют большое сходство, поэтому на рисунках 1-3 представлена динамика только одного показателя V<sub>заг</sub>, %.

На рисунке 1 совмещены многолетние кривые относительных объёмов годового стока, загрязнённого ионами аммония, нитритами и фосфатами. Можно отметить тенденцию снижения в течение всего периода долей объёма годового стока, загрязнённых ионом аммония и фосфатами. Доли стока, загрязнённые нитритами, снижаются к концу девяностых годов и имеют тенденцию возрастания после 2000 г.

Годовые значения относительного объема стока, загрязненного органическими веществами, определяемыми по ХПК, лабильными



органическими веществами по БПК<sub>5</sub> и имеющего насыщение воды кислородом ниже нормы, снижаются к 2000 г. После 2000 г. имеет место тенденция увеличения загрязненных этими компонентами долей годового объема стока.

Следует отметить, что годовые значения  $V_{\text{заг}}$ , % для ХПК к концу периода наблюдений (2013 год) достигают первоначально высоких значений, а для  $O_2$  % и БПК<sub>5</sub> они значительно ниже, чем в начале периода (рисунок 2).

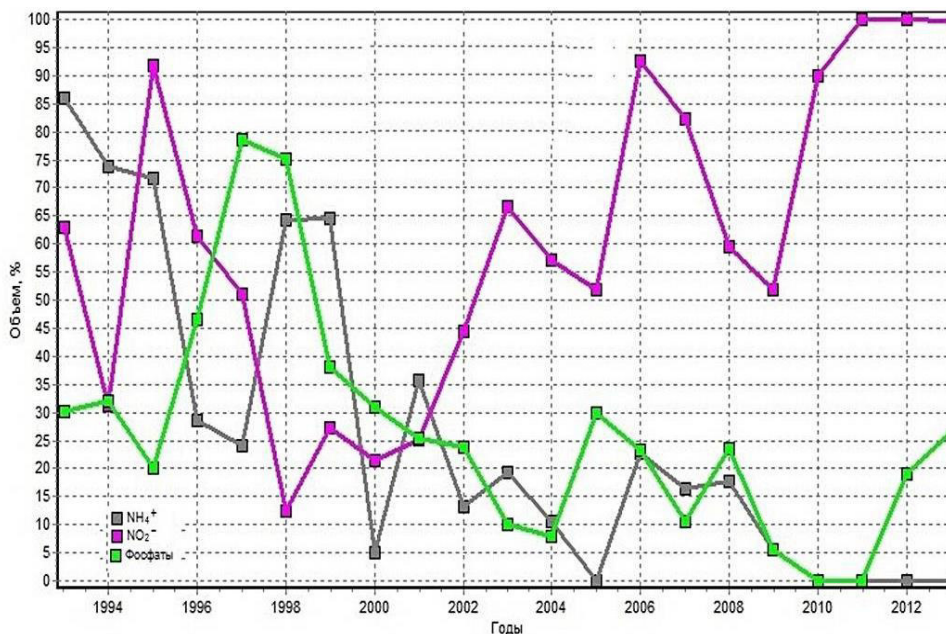


Рисунок 1. Многолетняя динамика годовых величин  $V_{\text{заг}}$ , % в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино для  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  и фосфатов

Figure 1. Long-term dynamics of annual values of  $V_{\text{pollut}}$ , % at the point of the Seim River – Tetkino village for  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  and phosphates

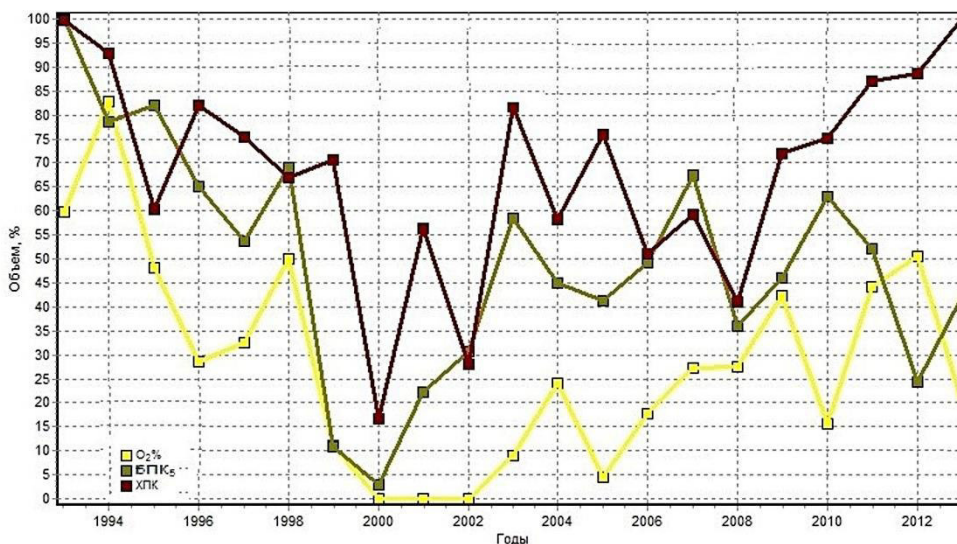
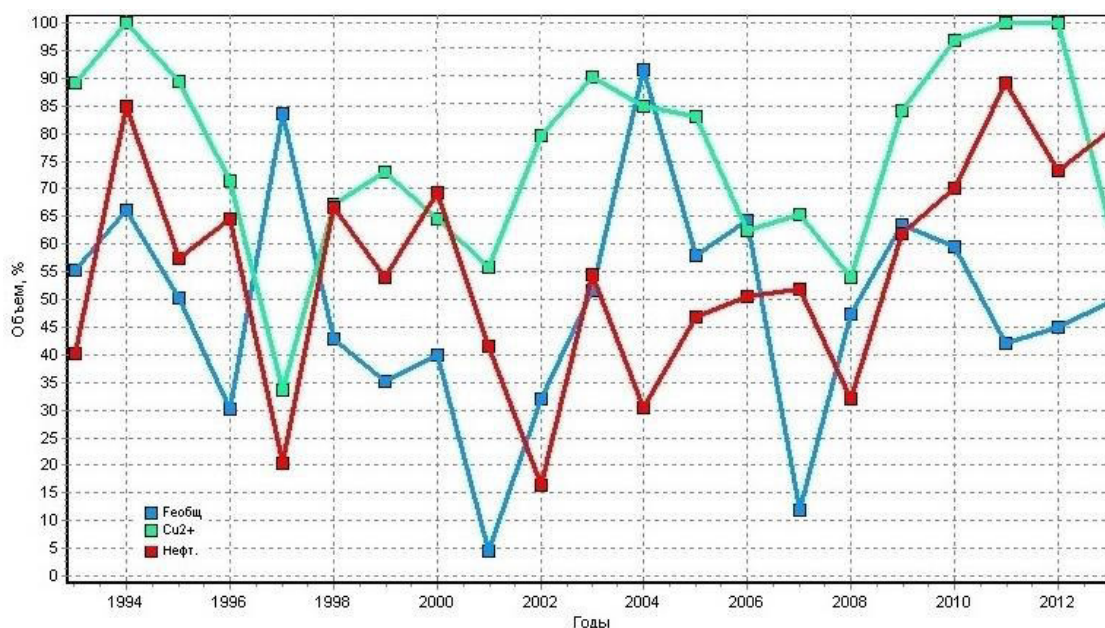


Рисунок 2. Многолетняя динамика годовых величин  $V_{\text{заг}}$ , % в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино для  $O_2$  %, БПК<sub>5</sub> и ХПК

Figure 2. Long-term dynamics of annual values of  $V_{\text{pollut}}$ , % at the point of the Seim River – the rivers of the Tetkino village for  $O_2$  %,  $BOD_5$  and COD



**Рисунок 3.** Многолетняя динамика  $V_{\text{заг}}$ , % в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино для  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и нефтепродуктов

**Figure 3.** Long-term dynamics of the  $V_{\text{pollut}}$ , % at the point of the Seym River – Tetkino village for  $\text{Fe}_{\text{total}}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  and oil products

На рисунке 3 представлены многолетние кривые годовых значений  $V_{\text{заг}}$ , % для  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и нефтепродуктов. Можно отметить значительные амплитуды колебаний годовых величин  $V_{\text{заг}}$ , % для перечисленных компонентов в течение всего периода наблюдений.

#### Оценка качества стока по совокупности загрязняющих веществ

Основные показатели качества речного стока ( $V_{\text{заг}}$ ) и ( $T_{\text{заг}}$ ) в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

В соответствующей рабочей области АПК для каждого года и за весь период наблюдений рассчитаны абсолютные и относительные продолжительности и объёмы загрязнённого стока воды, различающиеся по совокупности загрязняющих веществ, с определением класса загрязнённости воды и характеристикой состояния загрязнённости в данном пункте наблюдений. Все характеристики представлены в виде «паспортов качества стока».

В таблице 3 приведены «паспорта качества стока» для 1995 г. и для всего периода наблюдений с 1993 по 2013 гг.

Из приведённых данных следует, что в 1995 г. годовой объём стока р. Сейм представлен частичными объёмами разной загрязнённости: «условно чистой» водой первого класса, «слабо загрязненной» второго класса, «загрязнённой» третьего класса разряда «а» и «очень загрязнённой» третьего класса разряда «б». Средний за 1995 г. сток воды оценивается как «загрязнённый» третьего класса разряда «а».

В течение всего периода с 1993 по 2013 г. объём речного стока состоял из шести частичных объёмов следующих классов: чистого стока, «условно чистого» стока первого класса, «слабо загрязненного» второго класса, «загрязненного» третьего класса разряда «а», «очень загрязнённого» третьего класса разряда «б» и небольшого объёма «грязного» стока четвертого класса разряда «а». Эти показатели говорят о высокой изменчивости качества стока, как в течение года, так и в течение всего исследуемого периода.

Усреднённый за весь период наблюдений сток воды оценивается как «слабо загрязненный» второго класса.



Таблица 3. «Паспорта качества стока» в трансграничном пункте р. Сейм – р.п. Теткино за 1995 г. и за 1993 по 2013 гг.

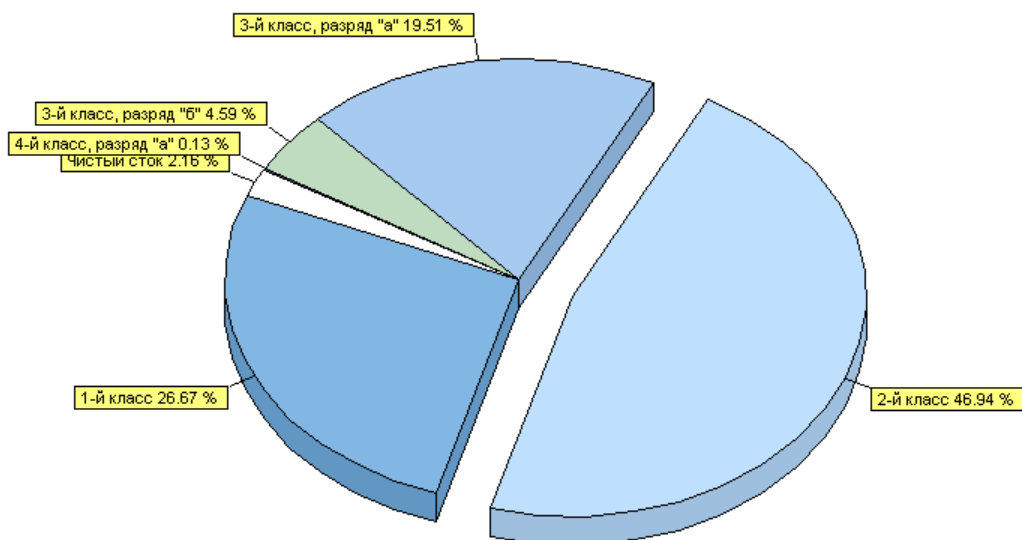
Table 3. "Passport of quality for river runoff" at the cross-border point of the Seim River – Tetkino village for 1995 and for 1993-2013

Годы	V стока, м³	Интервалы	Т <sub>зг.</sub> , сут.	Т <sub>зг.</sub> , %	V <sub>зг.</sub> , м³	V <sub>зг.</sub> , %	УКИЗВ <sup>7</sup>	Класс и разряд	Характеристика стока воды	Показатели с обобщенным оценочным баллом S ≥ 9		
										Условно чистый	Cu <sup>2+</sup>	
1995	1,94E+09	07.06-15.06, 08.11-31.12	63	17,26	2,32E+08	11,95	0,8	1-й класс	Условно чистый		Cu <sup>2+</sup>	
		22.02-23.02, 13.04-22.04, 15.05-06.06, 16.06-24.09, 26.09-07.11	179	49,04	6,52E+08	33,6	1,37	2-й класс	Слабо загрязненный		Fe <sub>общ.</sub> , Cu <sup>2+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
		01.01-21.02, 24.02-26.02, 02.03-11.03, 23.04-14.05, 25.09-25.09	88	24,11	5,51E+08	28,4	1,95	3-й класс, разряд «а»	Загрязненный		Cu <sup>2+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
		27.02-01.03, 12.03-12.04	35	9,59	5,05E+08	26,05	2,16	3-й класс, разряд «б»	Очень загрязненный		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , Cu <sup>2+</sup> , БПК <sub>5</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
		<b>Оценка за год</b>	<b>365</b>	<b>100</b>	<b>1,94E+09</b>	<b>100</b>	<b>1,67</b>	<b>3-й класс, разряд «а»</b>	<b>Загрязненный</b>		<b>Cu<sup>2+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe<sub>общ.</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, БПК<sub>5</sub></b>	
1993-2013	4,07E+10	<b>За весь период</b>	208	2,71	8,81E+08	2,16	0	Чистый сток	Чистый			
			2633	34,33	1,09E+10	26,67	0,63	1-й класс	Условно чистый			
			3708	48,34	1,91E+10	46,94	1,31	2-й класс	Слабо загрязненный			
			910	11,86	7,95E+09	19,51	1,93	3-й класс, разряд «а»	Загрязненный			<b>БПК<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sub>общ.</sub>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Нефтепродукты, Фосфаты</b>
			198	2,58	1,87E+09	4,59	2,38	3-й класс, разряд «б»	Очень загрязненный			
			13	0,17	5,25E+07	0,13	3,42	4-й класс, разряд «а»	Грязный			
			<b>7670</b>	<b>100</b>	<b>4,07E+10</b>	<b>100</b>	<b>1,27</b>	<b>2-й класс</b>	<b>Слабо загрязненный</b>			

ГРД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеоздат, 2002. 48 с.

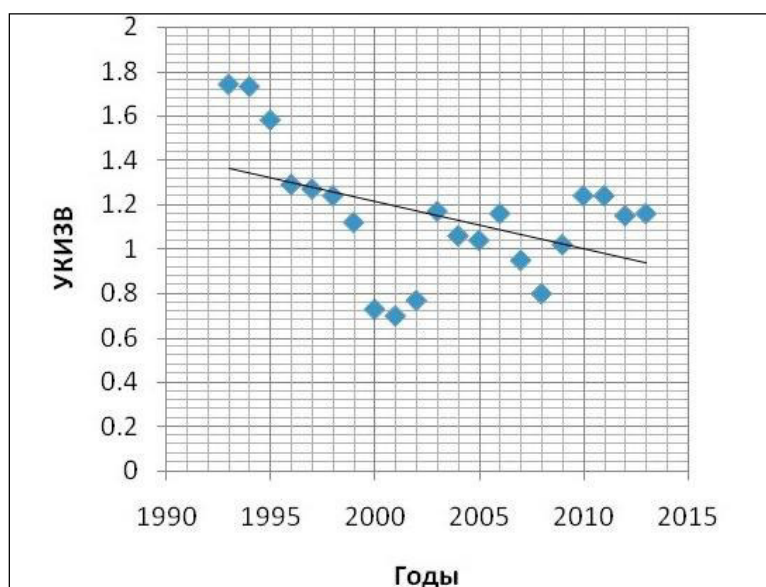
В «паспортах качества стока» приводятся гидрохимические показатели, имеющие обобщённые оценочные баллы  $S \geq 9^7$ : БПК<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sub>общ</sub>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нефтепродукты и фосфаты. Они наибольшим образом влияют на степень загрязнённости речного стока.

В рабочей области АПК «Структура загрязнённости стока» представлено по годам и за весь период доленое распределение типов загрязнения по отношению к общему объёму стока в виде круговой диаграммы (рисунок 4).



**Рисунок 4.** Структура качества речного стока в гидрохимическом пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

**Figure 4.** The quality structure of the river flow in the hydrochemical point of the Seim River – Tetkino village for the period from 1993 to 2013.



**Рисунок 5.** Многолетняя динамика годовых величин УКИЗВ в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино с 1993 по 2013 гг.

**Figure 5.** Long-term dynamics of annual values of the Specific combinatorial index of water pollution at the point of the Seim River – Tetkino village from 1993 to 2013.

<sup>7</sup>Рекомендации по применению интегральных показателей для оценки качества воды и загрязнённости рек и водоемов. Л.: ГГИ, 1977. 72 с.

*Тенденции изменения качества речного стока в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.*

На рисунке 5 показана динамика среднегодовых значений удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (далее – УКИЗВ)<sup>8</sup>. Тенденция уменьшения его значений в течение изучаемого периода позволяет предположить, что качество стока улучшается.

#### **Факторы, влияющие на многолетнюю динамику качества стока р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.**

Основной целью применения факторного анализа является нахождение такого небольшого по количеству набора «факторов», которые объясняют дисперсию большого числа эмпирических данных по загрязнённому стоку и могут быть прямо или косвенно связаны с

определённым источником или процессом. Факторный анализ ранее успешно применялся авторами для изучения формирования временной и пространственной неоднородности разных водных объектов [Румянцева, Скакальский, 2004; Румянцева, Скакальский, 2008; Румянцева, Солнцев, Филатова, 2006, Румянцева, Бобровицкая, 2010].

В таблице 4 представлена матрица основных факторов, определяющих временное варьирование УКИЗВ,  $V_{\text{заг}}$ , % и  $T_{\text{заг}}$ , % первого, второго и третьего (разряда «а») классов качества воды, расходов и объёмов годового стока реки, в основном рассчитанных с помощью АПК, а также температуры воды в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг. Для расчетов среднегодовых температур воды, как для холодного, так и для теплого периодов были использованы значения, измеренные во время гидрохимических съёмок в указанном гидрохимическом пункте.

**Таблица 4.** Матрица основных факторов, определяющих временное варьирование среднегодовых величин показателей количества и качества стока воды р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

**Table 4.** A matrix of the main factors determining the temporal variation of the average annual values of the quantity and quality of water flow in the Seim River – Tetkino village for the period from 1993 to 2013

Переменные	Факторы		
	1	2	3
Среднегодовые величины			
T воды холодного периода (°C)	<b>-0,970</b>	0,013	-0,175
T воды тёплого периода (°C)	<b>-0,918</b>	0,225	0,055
Q наибольший расход воды м <sup>3</sup> /с	0,477	0,376	-0,258
Q наименьший расход воды м <sup>3</sup> /с	0,529	-0,306	<b>0,713</b>
V объёмы стока м <sup>3</sup> /г	<b>-0,890</b>	-0,061	-0,246
T <sub>заг</sub> воды 1 класса, %	-0,340	<b>0,846</b>	0,308
V <sub>заг</sub> воды 1 класса, %	-0,187	<b>0,816</b>	0,410
УКИЗ воды 1 класса	-0,305	<b>0,690</b>	-0,058
T <sub>заг</sub> воды 2 класса, %	<b>-0,971</b>	0,013	-0,175
V <sub>заг</sub> воды 2 класса, %	<b>-0,971</b>	0,013	-0,175
УКИЗ воды 2 класса	<b>-0,840</b>	-0,101	-0,014
T <sub>заг</sub> воды 3 класса, %	<b>-0,801</b>	-0,310	0,387
V <sub>заг</sub> воды 3 класса, %	<b>-0,902</b>	-0,270	0,247
УКИЗ воды 3 класса	<b>-0,895</b>	-0,275	0,277
Вклад в %	58,38	17,16	9,18

<sup>8</sup>Рекомендации по применению интегральных показателей для оценки качества воды и загрязнённости рек и водоемов. Л.: ГГИ, 1977. 72 с.

Из таблицы 4 следует, что на многолетнее варьирование частичных объёмов стока воды «слабо загрязненной» второго класса и «загрязнённой» третьего класса разряда «а» в основном оказывает влияние фактор 1, который составляет более 58% суммарной дисперсии. Варьирование доли объёмов стока воды «условно чистой» первого класса в основном связано с фактором 2, составляющим 17% суммарной дисперсии.

Наиболее трудной задачей является интерпретация факторов. Однако очевидно, что фактор 1 напрямую связан с климатическими процессами: с температурой воды холодного и тёплого периодов, а также с объёмом годового стока реки.

В координатах двух главных факторов все годы исследуемого периода можно разделить на 3 группы:

- 1) с 1993 по 1999 гг.;
- 2) с 2001 по 2006 гг., а также 2008 г.;
- 3) с 2009 по 2013 гг.

При этом 2000 и 2007 годы не входят в состав этих групп и занимают особое положение

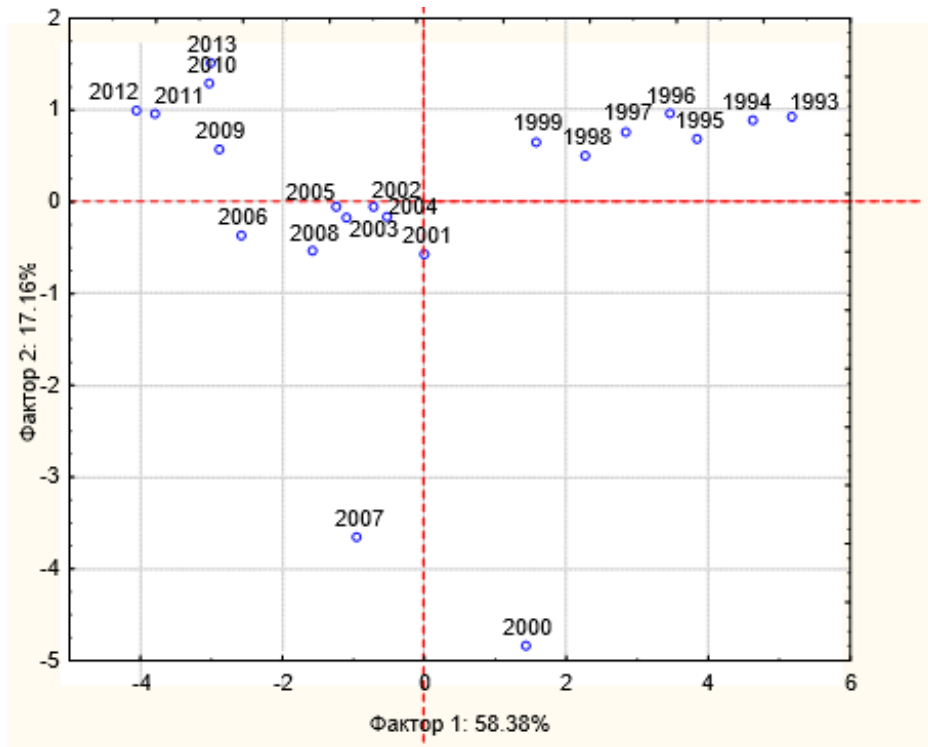
на графике, отличаясь низкими значениями проекций фактора 2 (рисунок 6).

На хронологическом графике величин проекций главных факторов хорошо видна тенденция снижения влияния фактора 1 на загрязнение стока в течение исследуемого периода (рисунок 7).

По-видимому, эта закономерность обусловлена тенденцией уменьшения объёмов годового стока (рисунок 8), вызванного рядом природных факторов, а также повышением средних температур воды за тёплый и особенно за холодный период года (рисунок 9).

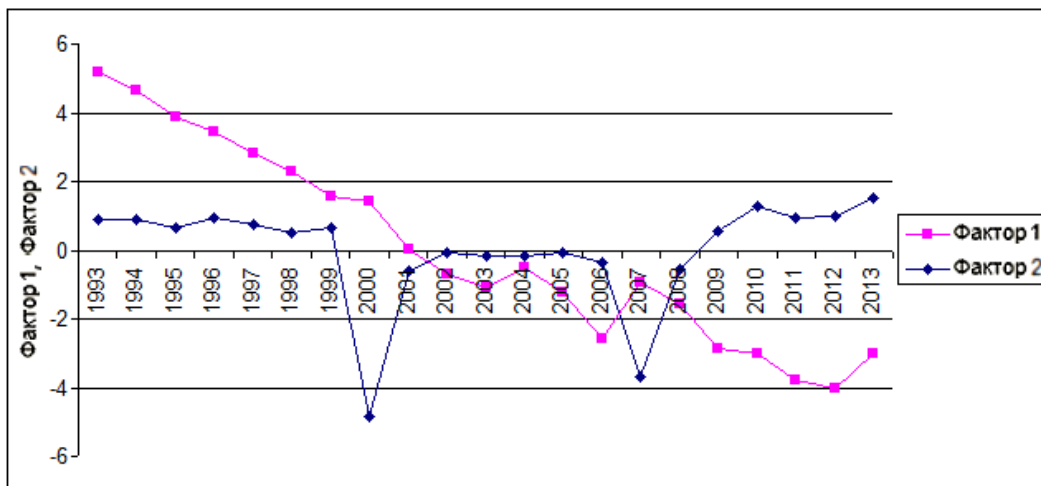
Поскольку улучшение качества стока воды (рисунок 5) связано со снижением объёмов годового стока реки, можно предположить, что произошло уменьшение смыва аммонийных и фосфатных удобрений с сельскохозяйственных угодий<sup>9</sup> [Lehtoranta, Pitkanen, Sandman, 1997]. Тенденция снижения годовых значений  $V_{\text{заг}}$ , % в течение 1993-2013 гг. именно для этих компонентов подтверждает это предположение (рисунок 1).

<sup>9</sup>Haimi P., Wirkkala R.-S., Eloheimo K. Nitrogen and Phosphorus fluxes in the river Neva Final report. Finnish Environment Institute. 1997. 31 p.



**Рисунок 6.** Проекция случаев (годов) в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг. в координатах главных факторов

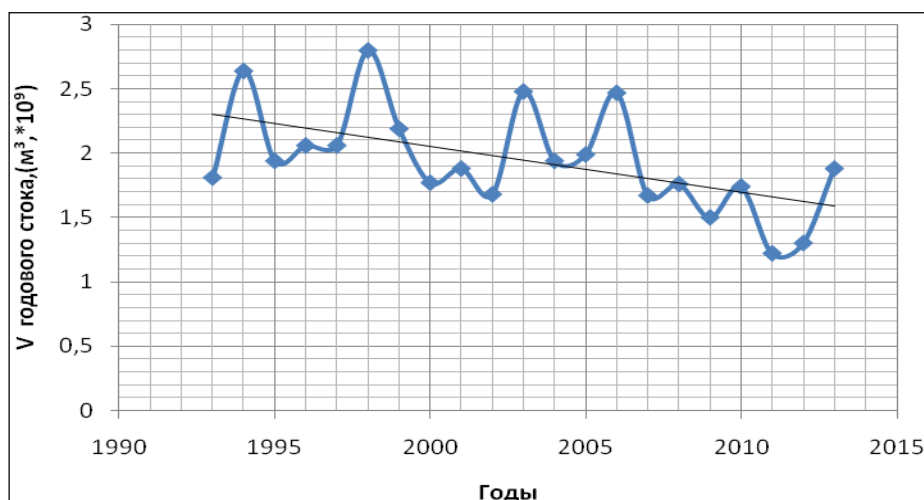
**Figure 6.** The projection of cases (years) at the point of the Seim river – the river of the Tetkino village for the period from 1993 to 2013 in the coordinates of the main factors



**Рисунок 7.** Изменение значений проекций случаев на координаты двух главных факторов р. Сейм – р. п. Теткино за период с 1993 по 2013 гг.

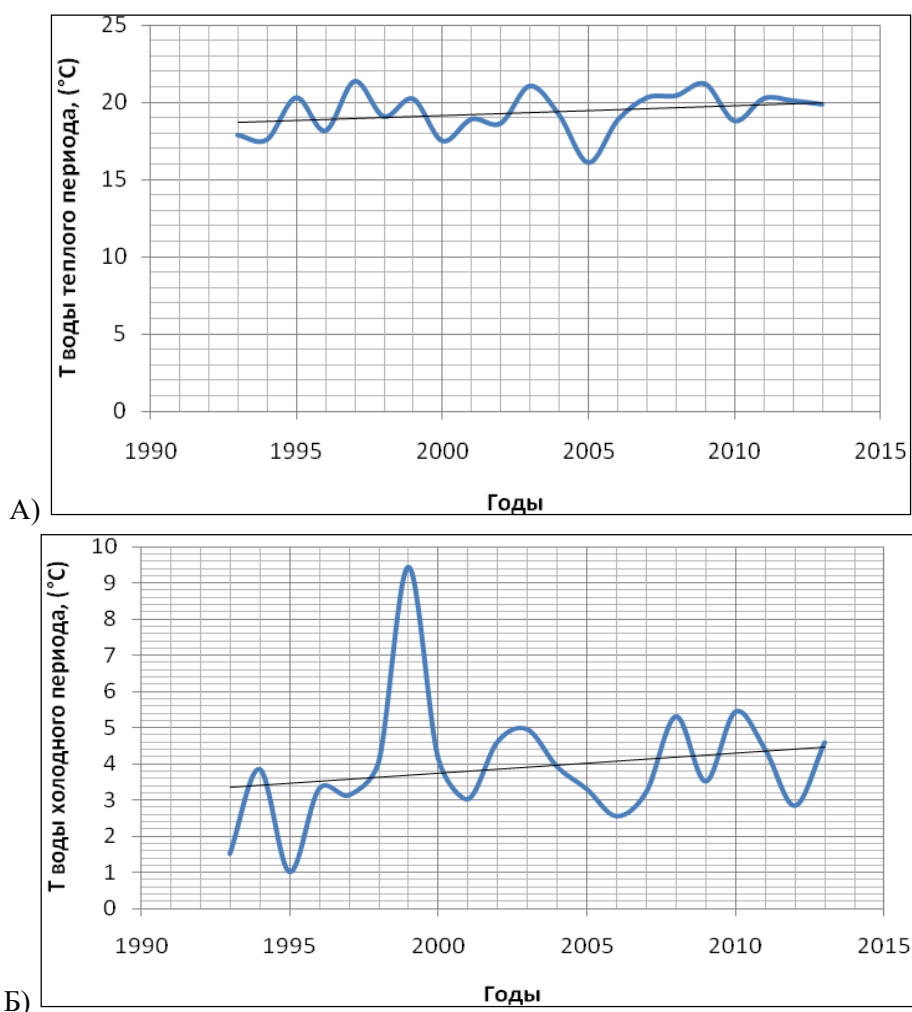
**Figure 7.** Change in the values of the projections of cases on the coordinates of the two main factors of the Seim River – Tetkino village for the period from 1993 to 2013.





**Рисунок 8.** Многолетние тенденции объёма годового стока в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

**Figure 8.** Long-term trends in annual runoff at point of the Seim River –Tetkino village for the period from 1993 to 2013



**Рисунок 9.** Многолетние тенденции А) средних значений температуры воды для теплого и Б) для холодного периодов года в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

**Figure 9.** Long-term trends A) average values of water temperature for warm and B) for cold periods of the year at point of the Seim River –Tetkino village for the period from 1993 to 2013

### Выводы

1. Применение новой автоматизированной технологии, разработанной в ФГБУ «ГТИ», позволило произвести совместную обработку больших объёмов сетевой гидрохимической и гидрологической информации и рассчитать единые показатели качества и количества стока в трансграничном пункте р. Сейм – р. п. Тёткино за период с 1993 по 2013 гг.

2. Показано, что для единичных компонентов ХПК, БПК<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe<sub>общ.</sub>, Cu<sup>2+</sup> и нефтепродуктов наличие загрязнённого стока отмечается ежегодно в течение всего периода наблюдений.

Максимальные значения V<sub>заг</sub> для БПК<sub>5</sub>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и Cu<sup>2+</sup> составили 100%, для фосфатов, насыщения воды кислородом, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нефтепродуктов и Fe<sub>общ.</sub> также были высокими более 78%.

Рассчитаны многолетние кривые годовых значений V<sub>заг</sub>, % для NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, фосфатов, ХПК, БПК<sub>5</sub>, O<sub>2</sub>%, Fe<sub>общ.</sub>, Cu<sup>2+</sup> и нефтепродуктов.

Отмечено снижение годовых значения V<sub>заг</sub>, % для БПК<sub>5</sub>, фосфатов, O<sub>2</sub>% и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в течение анализируемого периода.

3. По совокупности загрязняющих веществ показано, что усреднённый для всего периода с 1993 по 2013 гг. объём речного стока состоит из шести частичных долей, различающихся по классам и разрядам загрязнённости. Не смотря на то, что за весь период с 1993 по 2013 гг. сток воды оценивается, как «слабо загрязнённый» второго класса, этот факт указывает на высокую изменчивость качества стока, в течение всего исследуемого периода.

### Литература

Воскресенский О.Б. Оценка речного стока и погрешностей его расчета в системе мониторинга поверхностных вод при отсутствии и недостаточности гидрометрических наблюдений // Сборник работ по гидрологии № 24. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. С. 57-78.

Иберла К. Факторный анализ / Пер. с нем. В.М. Ивановой. М.: Статистика, 1980. 398 с.

Отмечена тенденция уменьшения среднегодовых значений УКИЗВ за период 1993-2013 гг., что позволяет сделать вывод об улучшении качества стока воды в течение этого времени.

4. Применение факторного анализа показало, что на многолетнее варьирование частичных объёмов стока воды «слабо загрязнённой» второго класса и «загрязнённой» третьего класса (разряда «а») в основном оказывает влияние фактор 1, который составляет 58% суммарной дисперсии. Он напрямую связан с температурой воды холодного и тёплого периодов, а также с объёмом годового стока реки.

Выявлена тенденция снижения влияния фактора 1 на загрязнение стока в течение исследуемого периода. Показано, что тенденция улучшения качества стока воды связана со снижением объёмов годового стока и возможным уменьшением смыва загрязняющих веществ с водосбора, в частности поступления аммонийных и фосфатных удобрений с сельскохозяйственных угодий. Тенденция снижения годовых значения V<sub>заг</sub> % именно для этих компонентов в пункте р. Сейм – р. п. Тёткино с 1993 по 2013 гг. подтверждает это предположение.

5. Использование АПК значительно упрощает обработку и анализ данных наблюдений за качеством стока воды, так как позволяет автоматически получать расчётные характеристики основных показателей качества речного стока, которые могут быть использованы для изучения различных природных и водохозяйственных проблем.

### References

Karaushev A.V. (ed.). *Metodicheskie osnovy otsenki i reglamentirovaniya antropogenogo vliyaniya na kachestvo poverkhnostnykh vod [Methodological foundations for assessing and regulating the anthropogenic impact on surface water quality]*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1987. 288 p. (In Russian).

Karaushev A.V., Skakal'skii B.G. Aktual'nye problemy issledovaniya kachestva poverkhnostnykh

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: сборник статей*. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 94-105.

Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 288 с.

Румянцева Э.А., Бобровицкая Н.Н. Многолетняя изменчивость качества воды рек Селенга и Киран на границе России и Монголии // *Водные ресурсы*. 2010. Том 37. № 3. С. 329-340.

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 расчёту частичных объёмов речного стока разной степени загрязнения (на примере р. Селенга) // *Метеорология и гидрология*. 2014. №6. С. 51-60.

Румянцева Э.А., Скакальский Б.Г. Особенности многолетней динамики качества вод в системе река Нева – Невская губа – восточная часть Финского залива // *Доклады VI Всероссийского гидрологического съезда* (г. Санкт-Петербург, 28 сентября – 1 октября 2004 г., Санкт-Петербург). Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. Часть 1. М.: Метеоагентство Росгидромета. С. 176-180.

Румянцева Э.А., Скакальский Б.Г. Оценка временной и пространственной неоднородности вод Невской губы и восточной части Финского залива по гидрохимическим показателям // *Метеорология и гидрология*. 2008. №1. С. 98-106.

Румянцева Э.А., Солнцев В.Н., Филатова Т.Н. Основные черты качества вод озера Песьво и Удомля и тенденции их изменения до и после пуска Калининской АЭС // *Доклады VI Всерос-*

*вод* [Actual problems of surface water quality research]. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and hydrology]*, 1973, no. 10, pp. 73-81. (In Russian).

Karushev A.V., Skakal'skii B.G. Problemy monitoringa kachestva poverkhnostnykh vod sushi [Problems of monitoring land surface water quality]. *Problemy sovremennoi gidrologii: sbornik statei [Problems of Modern Hydrology: collection of Articles]*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1979, pp. 94-105. (In Russian).

Lehtoranta J., Pitkanen H., Sandman O. Sediment accumulation of nutrients (N, P) in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). *Water, Air, and Soil Pollution*, 1997, vol. 99, iss. 1-4, pp. 477-486. DOI: [10.1023/A:1018399625103](https://doi.org/10.1023/A:1018399625103).

Rumyantseva E.A., Bobrovitskaya N.N. Long-term variations of water quality of the Selenga and Kiran rivers at the Russian-Mongolian boundary. *Water Resources*, 2010, vol. 37, no. 3, pp. 372-383. DOI: [10.1134/S0097807810030115](https://doi.org/10.1134/S0097807810030115) (Russ. ed.: Rumyantseva E.A., Bobrovitskaya N.N. Mnogoletnyaya izmenchivost' kachestva vody rek Selenga i Kiran na granitse Rossii i Mongolii. *Vodnye resursy*, 2010, vol. 37, no. 3, pp. 329-340).

Rumyantseva E.A., Bobrovitskaya N.N. Technique of integral assessment of long-term variations of streamflow quality by the example of the Vorskla River. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2012, vol. 37, no. 5, pp. 346-353. DOI: [10.3103/S1068373912050081](https://doi.org/10.3103/S1068373912050081) (Russ. ed.: Rumyantseva E.A., Bobrovitskaya N.N. Metodika integral'noi otsenki mnogoletnikh izmenenii kachestva rechnogo stoka na primere reki Vorskla. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2012, no. 5, pp. 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). *Russian Meteorology and Hydrology*, 2014, vol. 39, no. 6, pp. 395-401. DOI: [10.3103/S1068373914060053](https://doi.org/10.3103/S1068373914060053) (Russ. ed.: Rumyantseva E.A., Bobrovitskaya N.N., Il'in E.V. Novyi podkhod k avtomatizirovannomu raschetu chastichnykh ob'emov rechnogo stoka raznoi

сийского гидрологического съезда (г. Санкт-Петербург, 28 сентября – 1 октября 2004 г., Санкт-Петербург). Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. Часть 1. М.: Метеоагентство Росгидромета, С. 181-186.

Скакальский Б.Г. Оценка качества речных вод // Методы расчёта речного стока: Международные высшие гидрологические курсы ЮНЕСКО при МГУ: в 2 частях. Часть 1. М.: изд. МГУ (МКГК ЮНЕСКО), 1980. С. 98-112.

Смыжова Е.С. Оценка стока биогенных веществ с учётом особенностей гидрохимической информации: на примере реки Великой: Автореф. дисс. канд. геогр. наук. СПб., 2010. 27 с.

Шелудко В.А., Колесникова Е.В., Смыжова Е.С. Вопросы оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим данным // Материалы V Международной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон» (г. Санкт-Петербург, 7-9 июля 2009 г.). СПб.: 2009. С. 30-39.

Lehtoranta J. Pitkanen H., Sandman O. Sediment accumulation of nutrients (N, P) in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) // Water, Air, and Soil Pollution. 1997. Vol. 99. Iss. 1-4. PP. 477-486. DOI: [10.1023/A:1018399625103](https://doi.org/10.1023/A:1018399625103).

stepeni zagryazneniya (na primere r. Selenga). *Meteorologija i gidrologija*, 2014, no. 6, pp. 51-60).

Rumyantseva E.A., Skakal'skii B.G. Osobennosti mnogoletnei dinamiki kachestva vod v sisteme reka Neva – Nevskaya guba – vostochnaya chast' Finskogo zaliva [Features of long-term dynamics of water quality in the system of the Neva River – Nevskaya Guba – eastern part of the Gulf of Finland]. *Doklady Shestoi Vserossiiskogo gidrologicheskogo s"ezda (g. Sankt-Peterburg, 28 sentyabrya – 1 oktyabrya 2004). Sektsiya 4. Ekologicheskoe sostoyanie vodnykh ob"ektov. Kachestvo vod i nauchnye osnovy ikh okhrany. [Reports of the Sixth All-Russian Hydrological Congress (St. Petersburg, September 28 – October 1, 2004). Section 4. Ecological condition of water bodies. Water quality and scientific basis for their protection]*. Moscow, Publ. Mетеоагентство Росгидромета, 2006, vol. 1, pp. 176-180. (In Russian).

Rumyantseva E.A., Skakal'skii B.G. Assessment of temporal and spatial inhomogeneity of waters in the Nevskaya Guba Bay and Eastern Gulf of Finland from hydrochemical indicators. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2008, vol. 33, no. 1, pp. 55-61. DOI: [10.1007/s11983-008-1009-y](https://doi.org/10.1007/s11983-008-1009-y) (Russ. ed.: Rumyantseva E.A., Skakal'skii B.G. Otsenka vremennoi i prostranstvennoi neodnorodnosti vod Nevskoi guby i vostochnoi chasti Finskogo zaliva po gidrokhimicheskim pokazatelyam. *Meteorologija i gidrologija*, 2008, no. 1, pp. 98-106)

Rumyantseva E.A., Solntsev V.N., Filatova T.N. Osnovnye cherty kachestva vod ozer Pes'vo i Udomlya i tendentsii ikh izmeneniya do i posle puska Kalininskoi AES [The main features of the water quality of lakes Pesvo and Udomlya and trends in their changes before and after the commissioning of Kalinin NPP]. *Doklady Shestoi Vserossiiskogo gidrologicheskogo s"ezda (g. Sankt-Peterburg, 28 sentyabrya – 1 oktyabrya 2004). Sektsiya 4. Ekologicheskoe sostoyanie vodnykh ob"ektov. Kachestvo vod i nauchnye osnovy ikh okhrany. [Reports of the Sixth All-Russian Hydrological Congress (St. Petersburg, September 28 – October 1, 2004). Section 4. Ecological condition of water bodies. Water quality and scientific basis for their*

*protection*]. Moscow, Publ. Meteoagentstvo Rosgidrometa, 2006, vol. 1, pp. 181-186. (In Russian).

Sheludko V.A., Kolesnikova E.V. Smyzhova E.S. Voprosy otsenki kachestva poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim dannym [Issues of surface water quality assessment by hydrochemical data]. *Materialy Pyatoi Mezhdunarodnoi konferentsii «Ekologicheskie i gidrometeorologicheskie problemy bol'shikh gorodov i promyshlennykh zon» (g. Sankt-Peterburg, 7-9 iyulya 2009)*. [Materials of the Fifth International Conference "Ecological and Hydrometeorological Problems of Big Cities and Industrial Zones" (St. Petersburg, July 7-9, 2009)]. St. Petersburg, 2009, pp. 30-39. (In Russian).

Skakal'skii B.G. Otsenka kachestva rechnykh vod [River water quality assessment]. *Metody rascheta rechnogo stoka: Mezhdunarodnye vysshie gidrologicheskie kursy YuNESKO pri MGU: v 2 chastyakh. Chast' 1*. [Methods for calculating river flow: UNESCO International Higher Hydrological Courses at Moscow State University: in 2 parts. Part 1.]. Moscow, MGU Publ. (MKGK YuNESKO), 1980, pp. 98-112. (In Russian).

Smyzhova E.S. *Otsenka stoka biogennykh veshchestv s uchetom osobennostei gidrokhimicheskoi informatsii. Avtopef. diss. kand. geogr. nauk*. [Estimation of nutrient runoff taking into account the characteristics of hydrochemical information. Ph. D. (Geography) Thesis]. St. Petersburg, 2010. 27 p. (In Russian).

Überla K. *Faktorenanalyse*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1977. 400 p. (Russ. ed.: Iberla K. *Faktornyi analiz*. Moscow, Statistika Publ., 1980. 398 p.)

Voskresenskii O.B. Otsenka rechnogo stoka i pogreshnostei ego rascheta v sisteme monitoringa poverkhnostnykh vod pri otsutstvii i nedostatochnosti gidrometricheskikh nablyudenii [Assessment of river runoff and its calculation errors in the surface water monitoring system in the absence and insufficiency of hydrometric observations]. *Sbornik rabot po gidrologii. No. 24*. [Collection of works on hydrology, no. 24]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 2000, pp. 57-78. (In Russian).