

УДК 504.4.054

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РЕКИ ЛУГА^{1,2}Манвелова А.Б.¹ФГБУН «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук, Санкт-Петербург, e-mail: abmanvelova@mail.ru;²Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург

По данным многолетнего мониторинга (1999–2019 гг.) приведены результаты комплексной оценки степени загрязнения р. Луга на основе анализа гидрохимических показателей качества воды и удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ). Рассмотрена динамика загрязнения водотока по эколого-водохозяйственным участкам и тенденция пространственно-временного изменения качества воды в реке. Проанализированы линейные тренды изменения концентраций загрязняющих веществ за 1999–2019 гг., свидетельствующие об изменениях концентраций на протяжении рассматриваемого периода. В результате проведенного исследования были выявлены повышенные концентрации ХПК, соединений железа, меди, по которым на всех участках реки наблюдается характерная загрязненность. В отдельные годы существенный вклад в общую степень загрязненности воды вносили марганец и азот нитритный. Максимальные значения среднегодовых концентраций ХПК составили 4,2 ПДК (г. Луга, створ № 4), железа общего 8,5 ПДК (г. Луга, створ № 1), меди 14 ПДК (г. Кингисепп, створ № 1). Среднегодовые концентрации азота нитритного на протяжении рассматриваемого периода достигали 11,5 ПДК (г. Луга, створ № 1), марганца – 16 ПДК (г. Луга, створ № 1). Значение УКИЗВ показало, что экологическое состояние водотока в последние годы стабильно на всей протяженности реки, по качеству вода относится к классу 3а «загрязненная». Показано, что по длине реки от верховья до нижнего течения в воде уменьшаются концентрации взвешенных веществ, увеличиваются концентрации соединений железа. В многолетней динамике на всех участках реки характерно наличие тенденции снижения концентраций в воде для нефтепродуктов и свинца.

Ключевые слова: река Луга, качество воды, экологическое состояние, загрязняющие вещества, гидрохимические показатели

DYNAMICS OF WATER POLLUTION INDICATORS OF THE LUGA RIVER^{1,2}Manvelova A.B.¹St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, e-mail: abmanvelova@mail.ru;²Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg

According to long-term monitoring data (1999–2019), the results of a comprehensive assessment of the degree of pollution of the Луга River based on the analysis of hydrochemical indicators of water quality and the specific combinatorial index of water pollution are presented. The dynamics of water pollution in ecological and water management areas and the trend of spatio-temporal changes in the water quality in the river are considered. The linear trends of changes in the concentrations of pollutants for 1999–2019, indicating changes in concentrations during the period under review, are analyzed. As a result of the study, increased concentrations of COD, iron compounds, copper were revealed, according to which characteristic pollution is observed in all sections of the river. In some years, manganese and nitrite nitrogen made a significant contribution to the overall degree of water pollution. The maximum values of the average annual concentrations of COD were 4.2 MPC (Luga, site N 4), and total iron was 8.5 MPC (Luga, site N1), copper 14 MPC (Kingisepp, site N1). The average annual concentrations of nitrite nitrogen during the period under review reached 11.5 MPC (Luga, site N 1), and manganese – 16 MPC (Luga, site N 1). The value of the specific combinatorial index of water pollution showed that the ecological state of the watercourse in recent years has been stable throughout the entire length of the river, the quality of the water belongs to class 3a “polluted”. It is shown that along the length of the river from the upper to lower reaches, the concentrations of suspended substances in the water decrease, and the concentrations of iron compounds increase. In the long-term dynamics, all sections of the river are characterized by a tendency to decrease the concentrations of petroleum products and lead in the water.

Keywords: Луга river, water quality, ecological state, pollutants, hydrochemical indicators

Река Луга протекает на территории двух субъектов Российской Федерации: Ленинградской и Новгородской областей. В соответствии с современным гидрографическим и водохозяйственным районированием бассейн реки относится

к Балтийскому бассейновому округу, к бассейну реки Нарва. Исток реки начинается на болоте Нетыльской Мох – южной части Тесовского болотного массива. Впадает в Лужскую губу Финского залива Балтийского моря, являющуюся трансграничным

водным объектом. Обладает развитой гидрографической сетью, на своем пути река принимает воды более 30 притоков. Река Луга относится к средним водотокам [1], длина реки составляет 353 км, площадь бассейна – 13,2 тыс. км². По площади бассейна Луга занимает третье место среди рек Ленинградской области [2]. В пределах Ленинградской области пересекает 6 муниципальных районов.

Территория бассейна характеризуется равнинным рельефом. Уклон местности незначительный и составляет 0,15 м/км. Малый уклон местности и избыточное увлажнение определяют наличие многочисленных заболоченных участков. Кроме того, реки получают обильное питание за счёт карстовых вод [3].

Водотоки в бассейне р. Луга являются источником питьевого водоснабжения для нужд населения, технического водоснабжения для промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, а также используются в рекреационных целях. В бассейне р. Луги водозабор из поверхностных источников осуществляется из пяти рек: Луги, Хревицы, Оредеж, Суйды, Кобринки. Поверхностные воды Луги и Суйды служат источниками питьевого водоснабжения для городов и поселков рассматриваемого региона. Около 30 водотоков, а также 3 озера являются приемниками сточных и ливневых вод. Ежегодный объем сброса сточных вод в реку Луга составляет более 10 млн м³, а в реку Оредеж – более 1 млн м³ [2].

Природные условия территории определяют характер хозяйственной деятельности. Большая часть бассейна покрыта смешанными лесами, что обуславливает развитие деревообрабатывающей, лесной промышленности. На территории бассейна также развита добывающая, химическая, стекольная, пищевая, металлообрабатывающая промышленность [4, 5]. Наибольший вклад в общий объем сбросов сточных вод дают предприятия химической промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Специфическим аспектом антропогенной нагрузки является наличие крупных точечных источников сброса сточных вод, оказывающих воздействие на определенных участках реки – предприятие по производству химических веществ и водоканалы городов Луга и Кингисепп, а также наличие относительно равномерно распределенных по длине реки выпусков хозяйственно-бытовых сточных вод. Зна-

чительные площади территории заняты сельскохозяйственными угодьями, что обуславливает повышенный сток биогенных элементов [6].

Цель работы – исследование многолетней динамики качества воды в реке Луга в пределах Ленинградской области.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных использованы фондовые материалы системных гидрохимических наблюдений за состоянием поверхностных вод реки Луга, выполняемых Северо-Западным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Наблюдения за химическим составом вод в бассейне р. Луга выполняются по стандартным программам на сети стационарных пунктов наблюдений за загрязненностью поверхностных вод. Отбор проб и химический анализ проводится по методикам, вошедшим в «Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды» (РД 52.18.595-96) [7].

Местоположения пунктов наблюдения за качеством поверхностных вод в бассейне р. Луга представлены на рис. 1, а их характеристика – в табл. 1.

Выполнен сбор, анализ, систематизация и статистическая обработка фондовых материалов гидрохимической информации о качестве воды в р. Луга за период с 1999 по 2019 г.

Оценка качества поверхностных вод р. Луга осуществлялась на основе сравнения данных о величинах гидрохимических показателей с соответствующими значениями их предельно допустимых концентраций (ПДК), а также с использованием удельного комбинаторного индекса загрязнения вод как наиболее информативного комплексного показателя качества воды [7].

Для комплексной оценки качества воды удельный комбинаторный индекс загрязнения вод (УКИЗВ) используется с 2005 г. В связи с этим оценка тенденций изменений качества воды в реке Луга по УКИЗВ выполнена за период 2005–2019 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика и тенденции изменения качества воды в реке Луга проанализированы по усредненным результатам исследований

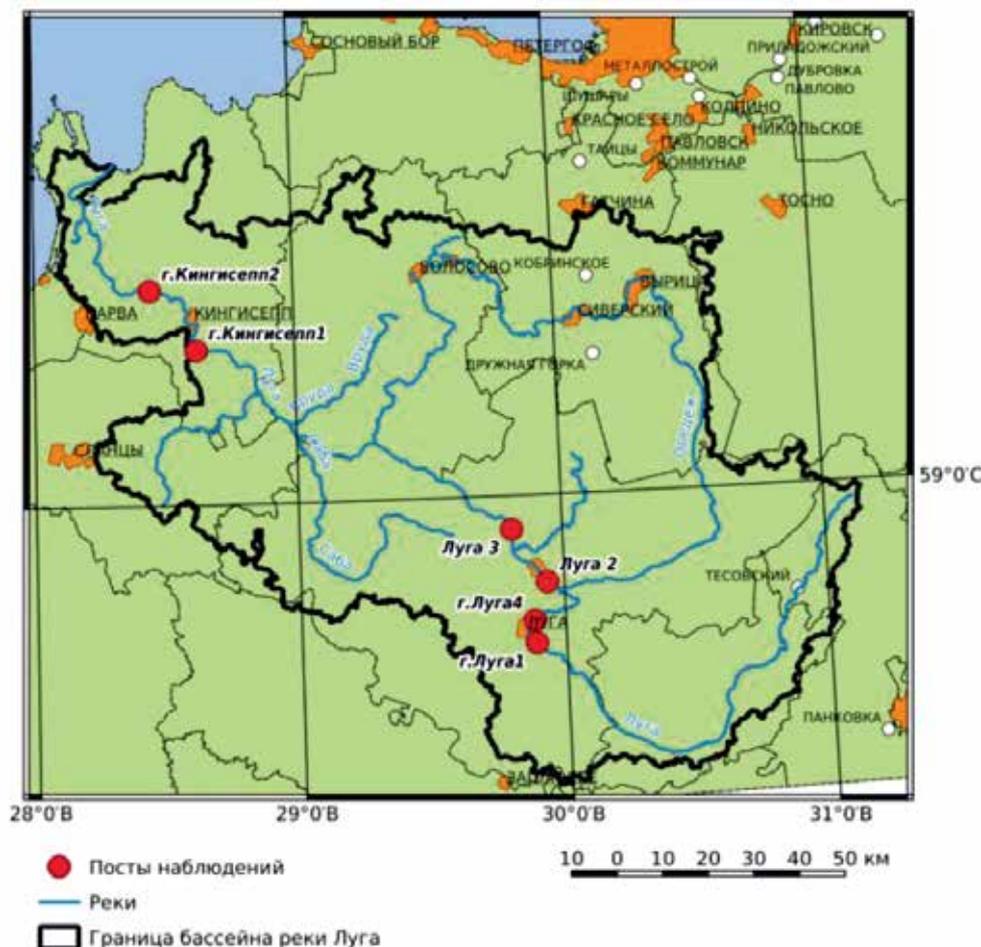


Рис. 1. Схема расположения действующих пунктов мониторинга за качеством воды в р. Луга

Таблица 1

Перечень пунктов наблюдений за состоянием загрязненности поверхностных вод бассейна р. Луги

Пункт наблюдений	№ створа	Расстояние от устья, км	Средний многолетний расход воды, м ³ /с
г. Луга	1	227	11,2
	4	222	–
пгт Толмачево	2	187	44,3
	3	170,8	49,9
г. Кингисепп	1	72,5	99,1
	2	48	102,0

проб воды за период 1999–2019 гг. по показателям, представленным в табл. 2 по шести створам. Так как река Луга относится к водотокам высшей рыбохозяйственной категории, оценка состояния речных вод осуществлена на основе сравнения фактических значений показателей их качества с нормативами ПДК для рыбохозяйствен-

ного водопользования. В случае отсутствия ПДК_{рх} использованы наиболее жесткие нормативы, установленные для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Обобщенные за двадцатилетний период данные о статистических характеристиках качества воды р. Луга приведены в табл. 2.

Таблица 2

Гидрохимические параметры качества воды реки Луга за 1999–2019 гг.

Показатель, мг/дм ³	г. Луга, створ 1		г. Луга, створ 4*		пгт Толмачево, створ 2		пгт Толмачево, створ 3		г. Кингисепп, створ 1		г. Кингисепп, створ 2		ПДК
	Min – Max Среднее	V, %	Min – Max Среднее	V, %	Min – Max Среднее	V, %	Min – Max Среднее	V, %	Min – Max Среднее	V, %	Min – Max Среднее	V, %	
Растворенный O ₂	6,7-9,5 7,9	10,2	6,0-8,0 7,3	8,0	6,8-9,9 8,1	9,8	3,3-10,1 7,9	16,7	7,6-11,1 9,3	10,9	7,5-11,7 9,4	11,6	>6,0
Взвешенные вещества	2,9-10,9 6,0	36,5	3,4-9,4 5,7	30,8	2,9-9,8 5,8	29,8	3,4-12,3 6,6	33,5	0,83-17,4 4,5	85,1	0,83-28,9 5,1	118,4	10
XПК	22,3-60,3 40,0	23,8	29,9-62,9 40,3	23,0	23,5-50,8 36,7	20,3	23,5-50,2 36,7	20,4	27,6-52,3 39,1	19,2	27,4-50,9 38,7	17,2	15
БПК ₅	0,67-1,8 1,12	20,5	0,93-1,3 1,08	8,8	0,74-1,5 1,18	14,1	0,64-1,7 1,15	18,5	0,53-1,7 1,15	23,0	0,66-1,8 1,2	23,4	2
Сульфаты	4,5-56,1 20,6	64,6	6,5-40,3 17,1	60,8	6,3-45,2 17,7	62,9	6,5-51,1 18,2	68,9	4,5-48,8 17,4	80,4	6,9-53,6 19,1	81,8	100
Хлориды	6,3-21,8 14,28	37,4	7,0-18,0 12,73	29,1	6,5-15,5 11,15	21,3	6,1-15,4 10,07	23,9	4,1-12,8 7,04	32,7	5,2-12,8 7,95	28,7	300
Азот аммонийный	0,02-0,17 0,06	87,9	0-0,24 0,06	130,4	0-0,13 0,05	68,4	0-0,14 0,05	18,5	0-0,09 0,03	81,5	0-0,16 0,05	67,5	0,4
Азот нитритный	0-0,23 0,03	148,5	0-0,18 0,04	152,3	0-0,13 0,04	94,3	0-0,17 0,03	121,5	0-0,067 0,01	123,9	0-0,064 0,02	88,2	0,02
Азот нитратный	0,11-1,3 0,51	66,0	0,36-1,2 0,62	33,4	0,13-1,1 0,56	52,4	0,13-1,3 0,57	60,2	0,11-0,75 0,45	50,6	0,14-0,79 0,50	44,9	9,0
Фосфаты	0,01-0,05 0,02	50,2	0,01-0,04 0,02	51,7	0,01-0,14 0,02	115,8	0,005-0,26 0,04	156,7	0,01-0,026 0,01	38,6	0,01-1,1 0,11	232,0	0,15
Нефтепродукты	0-0,07 0,02	80,5	0-0,03 0,01	106,0	0-0,05 0,02	85,4	0-0,05 0,02	80,6	0-0,06 0,02	125,4	0-0,06 0,02	99,7	0,05
СПАВ	0-0,09 0,02	92,5	0-0,02 0,01	60,8	0,002-0,09 0,02	86,2	0,001-0,07 0,02	76,0	0-0,10 0,02	108,4	0,01-0,11 0,02	106,2	0,1
Железо общее	0,05-0,85 0,36	49,6	0,12-0,73 0,38	50,4	0,05-0,79 0,42	41,3	0,18-0,83 0,45	33,7	0,10-0,83 0,41	47,2	0,05-0,70 0,40	45,3	0,1
Мель	0,002-0,011 0,005	52,3	0,0017-0,0043 0,0031	30,9	0,0022-0,012 0,0049	56,4	0,0015-0,0086 0,0046	49,4	0,0012-0,014 0,0038	78,3	0,0013-0,011 0,0037	76,8	0,001
Свинец	0-0,0083 0,0033	73,7	0-0,0041 0,0019	84,8	0-0,009 0,0035	70,6	0-0,0082 0,0031	74,8	0-0,0096 0,0031	88,9	0-0,0091 0,0033	81,4	0,006
Кадмий	0,00013-0,0012 0,00046	58,4	0,00004-0,0010 0,00037	80,2	0,00005-0,00098 0,00044	61,2	0,0001-0,0009 0,00047	56,4	0,00006-0,0009 0,00033	71,0	0,00006-0,0008 0,00036	62,3	0,001
Марганец	0,0052-0,16 0,056	65,5	0,0020-0,15 0,047	95,1	0,0034-0,15 0,064	65,2	0,0030-0,13 0,064	61,8	0,0070-0,11 0,028	94,3	0,0022-0,084 0,029	88,6	0,01

Примечание: Max – максимальное значение, Min – минимальное значение, V – коэффициент вариации (отношение стандартного отклонения к среднему значению). Жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК; пункт наблюдений в черге г. Луга (створ 4) открыт в 2008 г.

Верхнее течение реки. В верхнем течении реки (створ № 1) и в границах г. Луга (створ № 4) наблюдается превышение ПДК по среднегодовым концентрациям: ХПК – в 1,5–4,2 раза; азота нитритного – до 11,5 раз в створе № 1 и до 9 раз в створе № 4; железа общего – до 8,5 раз, меди – до 11 раз на участке реки выше г. Луга и до 4,3 раз в черте г. Луга, марганца – до 15,6 раз. На участке реки выше г. Луга (створ № 1) в отдельные годы наблюдаются незначительные превышения ПДК по нефтепродуктам и свинцу. В створах выше и ниже пгт Толмачево наблюдается постоянное превышение ПДК по среднегодовым концентрациям: ХПК – в 1,5–3,4 раза и соединениям меди – 2,2–12 раз в створе № 2 и 1,5–8,6 раз в створе № 3. Отмечены периодические превышения ПДК по азоту нитритному – до 8,5 раз, соединениям железа – до 8 раз, марганцу – до 15 раз, незначительное превышение по взвешенным веществам и фосфатам (створ № 3), свинцу (створы № 2, 3 пгт Толмачево). Существенных различий в кратности превышения ПДК среднегодовых концентраций ХПК, соединений железа, марганца, азота нитритного выше и ниже пгт Толмачево не наблюдается. В створе № 3 ниже пгт Толмачево в отдельные годы отмечается превышение среднегодовых концентраций фосфатов (кратность превышения до 1,7 раза). Таким образом, в верхнем течении реки постоянное превышение среднегодовых значений концентраций по сравнению с ПДК на протяжении рассматриваемого периода отмечается только по ХПК и меди. Характерными загрязняющими веществами, частота превышения ПДК которых во внутригодовой динамике более 50% случаев, являлись ХПК, железо общее, медь, в отдельные годы марганец и азот нитритный.

Исследование данных за период 2005–2019 гг. (табл. 3) показывает, что качество воды, оцененное по комплексному показателю УКИЗВ, в створах выше и в черте г. Луга (створы г. Луга № 1, 4), а также на участке реки ниже пгт Толмачево (створ № 3) изменялось от «загрязненной» (3-й класс, разряд «а») до «грязной» (4-й класс, разряд «б»). Максимальное значение УКИЗВ характерно для 2010 г. в створах № 1, 4 (г. Луга) и створе № 3 (пгт Толмачево), а также в 2009 г. в черте г. Луга, что связано с высокими значениями концентраций ХПК, азота нитритного, меди, марганца, железа общего (максимальные значения концентраций в 2010 г. составили в створе № 1, г. Луга: 4,5; 18,0; 13,0; 33,4; 7,9 ПДК соответственно, в створе № 4:

4,7; 11,0; 8,2; 32,9; 8,1 ПДК соответственно, в створе № 3: 3,6; 10,2; 9,2; 27,3; 7,8) [7].

Нижнее течение реки. В створах выше и ниже г. Кингисеппа постоянное превышение ПДК наблюдается по среднегодовым концентрациям: ХПК – в 1,8–3,5 ПДК; меди – 1,2–14 ПДК в створе № 1 и 1,3–11 ПДК в створе № 2. К показателям, среднее значение содержания которых в воде за рассматриваемый период выше установленных нормативов, но в отдельные годы среднегодовые значения не превышают норматив, относятся: железо общее, кратность превышения ПДК до 8 раз в створе № 1 и до 7 раз в створе № 2, и марганец – максимальные превышения 11 ПДК в створе № 1 и 8,4 ПДК на участке реки ниже г. Кингисеппа. В отдельные годы в обоих створах отмечаются превышения ПДК по азоту нитритному – до 3,4 раз, свинцу – до 1,5 раз. По взвешенным веществам в створах выше и ниже г. Кингисеппа превышение ПДК отмечается в 2002 г., в остальные годы значение среднегодовой концентрации не превышало установленного норматива. В период 2008–2010 гг. на участке реки ниже Кингисеппа отмечается превышение ПДК по фосфатам (в 2010 г. в 7,3 раза), что может быть обусловлено залповым сбросом от точечного источника.

Качество воды в створе № 1 (4,5 км выше г. Кингисеппа) по сравнению с участками реки выше по течению несколько улучшается. За рассматриваемый период класс качества воды на этом участке реки менялся от 2-го – «слабо загрязненная» до 3-го класса, разряд «б», которому соответствует характеристика воды «очень загрязненная». Характерная загрязненность воды выше и ниже г. Кингисеппа во внутригодовой динамике концентраций наблюдалась по ХПК, железу общему, меди, в отдельные годы также по азоту нитритному и марганцу. Далее по течению реки (створ ниже г. Кингисепп) в период с 2008 по 2010 г. и в 2012 г. отмечается ухудшение качества воды по сравнению с качеством воды на участке реки выше г. Кингисеппа за счет как большего числа показателей, концентрации которых превышали ПДК, среди них: азот нитритный, азот аммонийный, цинк, свинец, кадмий, так и в ряде случаев более высокой кратности превышения нормативов и частоте случаев превышения нормативов (по марганцу, азоту нитритному, цинку, свинцу) [7]. Влияние нагрузки сточных вод предприятий и поверхностного стока с городской территории Кингисеппа на качество воды

в р. Луга отражается в значениях УКИЗВ, которые на протяжении рассматриваемого периода в 70% случаев превышают соответствующие значения УКИЗВ в створе выше города. Однако значения УКИЗВ колеблются в пределах одного класса качества воды. Состояние водотока в последние годы (2016–2019 гг.) стабильно на всей протяженности реки, по качеству вода относится к классу 3а «загрязненная».

Следует отметить, что во внутригодовой динамике гидрохимических показателей имеет место существенное различие значений. Так, по абсолютному содержанию кислорода в пробах воды, отобранных в период с марта по октябрь, наблюдается периодическое отклонение от норматива, что характерно для всех участков реки Луга (в меньшей степени для створов выше и ниже г. Кингисеппа).

По результатам анализа данных о качестве вод р. Луга по гидрохимическим показателям за 1999–2019 гг. загрязняющие вещества можно сгруппировать следующим образом:

– I группа – показатели, среднее значение содержания которых в воде по всем створам наблюдений за весь период было ниже установленных нормативов. К ним относятся БПК₅, сульфаты, хлориды, растворенный кислород, азот аммонийный, азот нитратный;

– II группа – вещества, среднее значение содержания которых в воде за рассматриваемый период ниже нормативов, но среднегодовые значения в отдельные годы в ряде случаев превышали установленные нормативы. К ним относятся взвешенные вещества, фосфаты, нефтепродукты, СПАВ, свинец и кадмий;

– III группа – показатели, среднее значение содержания которых в воде за рас-

сматриваемый период выше установленных нормативов, но в отдельные годы среднегодовые значения не превышают этот норматив: азот нитритный, железо общее, марганец;

– IV группа – показатели, содержание которых в воде по всем створам наблюдений за весь рассматриваемый период превышает соответствующие значения нормативов: ХПК, медь.

По коэффициентам вариации выделяются две группы показателей: показатели с низкой вариабельностью значений концентраций, характерной для показателя на всех участках реки: ХПК, БПК₅, растворенный кислород и хлориды; вещества, для которых характерна высокая вариабельность значений на протяжении рассматриваемого периода: сульфаты, азот аммонийный, азот нитратный, азот нитритный, взвешенные вещества, фосфаты, нефтепродукты, СПАВ, свинец, кадмий, железо общее, марганец, медь.

В связи с тем, что в последние годы наблюдается относительно стабильное состояние качества вод, что характеризуется значениями УКИЗВ, представляется интересным отдельно рассмотреть период 2015–2019 гг., характеризующий современное состояние антропогенного воздействия на водный объект. При анализе изменений концентраций химических показателей по длине реки выявлены следующие значимые линейные тренды: уменьшаются – взвешенные вещества, увеличивается – железо общее (рис. 2). Выявление физических основ данных зависимостей требует дальнейшего изучения гидрохимических особенностей формирования поверхностного стока в системе локальных бассейнов. По остальным показателям значимые тренды не выявлены.

Таблица 3

Динамика показателя УКИЗВ воды реки Луга в 2005–2019 гг.

Створ	Годы														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Луга, створ 1	2,95	4,00	3,34	3,55	3,73	4,77	4,37	3,75	3,82	2,96	2,28	3,04	2,41	2,66	2,42
г. Луга, створ 4	–	–	–	2,96	4,25	4,41	4,14	3,41	3,93	2,93	2,02	2,08	2,11	2,41	2,42
пгт Толмачево, створ 2	3,59	4,23	3,69	3,40	3,93	4,35	3,95	3,73	4,01	3,18	2,47	2,58	2,19	2,50	2,38
пгт Толмачево, створ 3	3,38	3,83	4,01	3,37	3,81	4,74	4,07	3,82	3,83	3,07	2,09	2,50	2,16	2,55	2,89
г. Кингисепп, створ 1	3,01	2,73	2,41	2,65	2,31	2,73	2,54	2,24	3,08	1,93	2,12	2,92	2,23	2,28	2,34
г. Кингисепп, створ 2	3,24	2,97	2,72	3,17	3,10	3,16	–	3,04	2,31	2,40	2,39	2,51	2,67	2,32	2,31

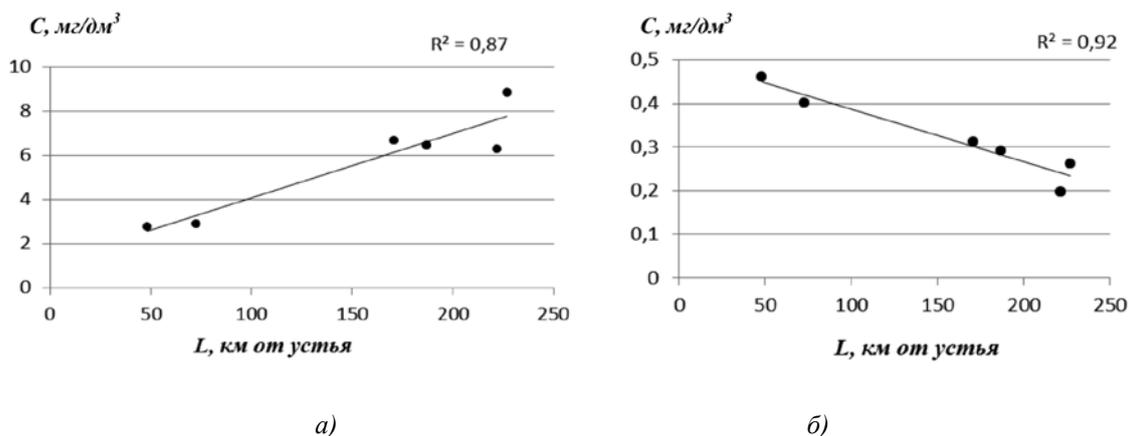


Рис. 2. Изменение содержания взвешенных веществ (а) и железа общего (б) по длине р. Луга (среднее за 2015–2019 гг.),
 • – концентрации, – линия тренда

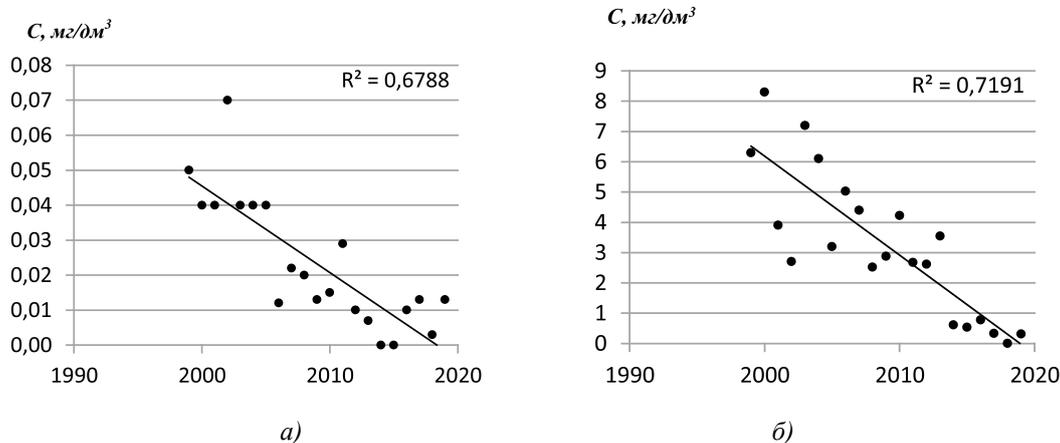


Рис. 3. Многолетняя динамика изменения содержания показателей в створе 1 (выше г. Луга), а) нефтепродукты, б) свинец
 • – концентрации, – линия тренда

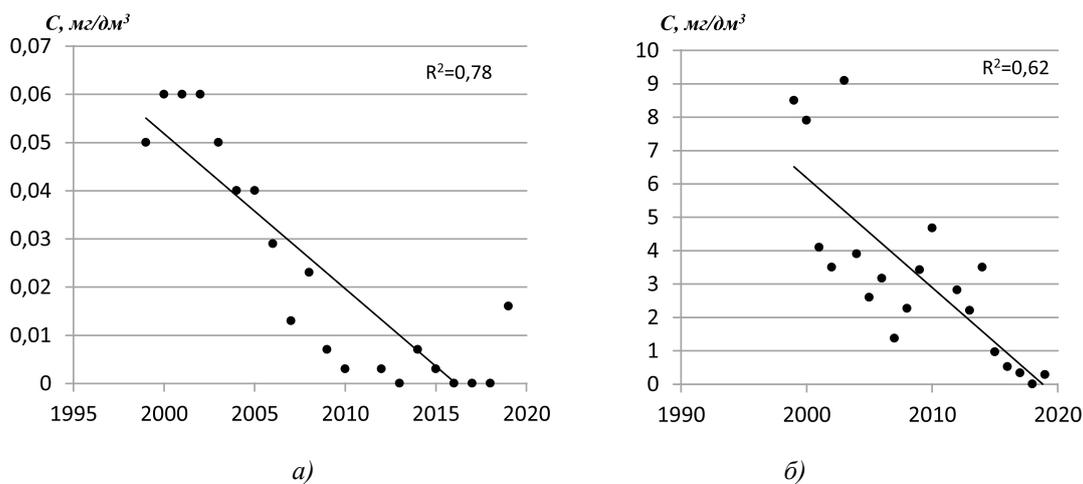


Рис. 4. Многолетняя динамика изменения содержания показателей в створе 2 (ниже г. Кингисеппа) а) нефтепродукты, б) свинец
 • – концентрации, – линия тренда

Анализ межгодовой динамики изменения концентраций загрязняющих веществ в природных водах реки выявил некоторые тенденции. Проведенный статистический анализ содержания поллютантов позволил выявить межгодовую тенденцию к снижению загрязненности вод реки Луга нефтепродуктами и свинцом, характерной для всех участков реки, тренд повышения – для взвешенных веществ в верхнем течении реки (створ 1 выше г. Луга). На рис. 3 и 4 в качестве примера представлены линейные тренды снижения содержания данных показателей в воде реки Луга на участках выше г. Луга и ниже по течению г. Кингисеппа.

Содержание нефтепродуктов в речной воде характеризуется средним многолетним значением $0,02 \text{ мг/дм}^3$. В период с 1999 по 2019 г. в зависимости от участка реки оно уменьшилось в 3–3,5 раза. Средняя величина концентрации нефтепродуктов за период с 1999 по 2005 г. находится в диапазоне значений $0,046\text{--}0,051 \text{ мг/дм}^3$, а с 2006 по 2019 г. – $0,004\text{--}0,012 \text{ мг/дм}^3$. В межгодовой изменчивости содержания в воде реки Луга свинца также отмечается постепенное его снижение. В рассматриваемый двадцатилетний период его содержание в речной воде (в зависимости от участка реки) уменьшается с $6,3\text{--}9,3$ до $0\text{--}0,3 \text{ мкг/дм}^3$.

Заключение

Выполненная оценка качества воды отдельных участков р. Луга за период с 1999 по 2019 г. на основании дифференцированного и комплексного подходов позволяет сделать следующие выводы. Воды реки Луга характеризуются повышенным содержанием ХПК, соединений железа, меди, по которым на всех участках реки наблюдается характерная загрязненность. В отдельные годы существенный вклад в общую степень загрязненности воды вносили марганец и азот нитритный. Повышенное содержание указанных показателей в водах средних рек обычно обусловлено сочетанием особенностей естественных условий формирования речного стока и антропогенной нагрузкой промышленных и сельскохозяйственных предприятий. При этом высокое содержание железа и марганца характерно для большинства водотоков Ленинградской области и обусловлено региональными особенностями природных условий, связанных, в частности, с болотным питанием рек.

В верхнем течении реки качество воды изменялось от «загрязненной» (3-й класс, разряд «а») до «грязной» (4-й класс, разряд «б»). Динамика уровня загрязненности воды в створе выше г. Кингисеппа в период с 2006 по 2014 г. свидетельствует об улучшении качества воды по сравнению с участками выше по течению, вода в этот период характеризовалась как «загрязненная», а в 2014 г. как «слабо загрязненная». Далее по длине реки в створе ниже г. Кингисеппа в период с 2005 по 2015 г. (исключение 2013 г.) состояние воды ухудшается под влиянием антропогенной нагрузки промышленного узла г. Кингисепп, в связи с высокой концентрацией техногенных нагрузок на коротком отрезке реки. Однако это изменение не носит резкий характер, что может объясняться высокой водностью реки в нижнем течении. В последние годы (2016–2019 гг.) состояние реки стабильно на всей протяженности, по качеству вода относится к классу 3а «загрязненная».

Анализ межгодовой динамики изменения концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах реки Луга позволил выявить некоторые тенденции. Для всех участков реки характерна межгодовая тенденция снижения загрязненности воды нефтепродуктами и свинцом.

Список литературы / References

- ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1988. 36 с.
- Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Луга и рек бассейна Финского залива от границы бассейна реки Луга до южной границы бассейна реки Нева. Кн. 1. 2015. 117 с.
Scheme of integrated use and protection of water bodies of the Luga River basin and the rivers of the Gulf of Finland basin from the border of the Luga River basin to the southern border of the Neva River basin. Kn. 1. 2015. 117 p. (in Russian).
- Лемешко Н.А., Шалашина Т.Л. Особенности гидрологического режима малых незарегулированных рек Северо-Запада России // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 314–324.
Lemeshko N.A., Shalashina T.L. Peculiarities of small unregulated rivers hydrological regime in the north-west of Russia // Voprosy geografii. 2018. P. 314–324 (in Russian).
- Инвестиционный паспорт Лужского муниципального района. [Электронный ресурс]. URL: <https://luga.ru/investors/passport> (дата обращения: 15.05.2021).
Investment passport of the Luga municipal district. [Electronic resource]. URL: <https://luga.ru/investors/passport> (date of access: 15.05.2021) (in Russian).
- Инвестиционный паспорт Кингисеппского муниципального района. [Электронный ресурс]. URL: https://kingisepplo.ru/images/AMO/deyatelnost/ekonom-razv/invest-potencyal/Investitsionnyi_pasport_2019.pdf (дата обращения: 15.05.2021).
Investment passport of the Kingisepp municipal district. [Electronic resource]. URL: https://kingisepplo.ru/images/AMO/deyatelnost/ekonom-razv/invest-potencyal/Investitsionnyi_pasport_2019.pdf (date of access: 15.05.2021) (in Russian).

6. Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю., Викторова Н.В., Ершова А.А., Обломкова Н.С. К оценке биогенного стока в Финский залив Балтийского моря // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2018. № 51. С. 109–120.

Kondratev S.A., Shmakova M.V., Bryukhanov A.Yu., Viktorova N.V., Ershova A.A., Oblomkova N.S. To the evaluation of nutrient removal to the Gulf of Finland of the Baltic sea // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2018. № 51. P. 109–120. (in Russian).

7. Ежегодники качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям на территории деятельности ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (Ленинградская область) за 1999–2019 гг. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Санкт-Петербург.

Yearbooks of land surface water quality on hydrochemical indicators in the territory of the Federal State Budgetary Institution «North-Western UGMS» (Leningrad region) 1999–2019, Saint-Petersburg (in Russian).