

ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ НЕГЛИНКИ ПРИ ТРАНЗИТЕ ИХ ЧЕРЕЗ ТЕРРИТОРИЮ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Дзюбук И.М.¹, Клюкина Е.А.¹

¹ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Россия (185910, Петрозаводск, Россия, пр. Ленина, 33), e-mail: ikrup@petsu.ru

В статье представлены материалы, отражающие динамику качества вод реки Неглинка, протекающую через территорию города Петрозаводска (Республика Карелия). Результаты исследования свидетельствуют, что качество природных вод реки претерпевает негативные изменения в многолетнем аспекте и также при транзите через городскую территорию — 5 из 10 гидрохимических параметров превышают ПДКр/х. С помощью компонентного анализа были выявлены зависимости между показателями качества вод реки Неглинка для данных за 1997 г. и 2013–2014 гг. Отметим, что литературные данные за 1997 г. представлены для двух станций — верховье и устье реки. Компонентный анализ по собственным материалам в 2013–2014 гг. проведен для трех станций (верховье, центральная часть и устье реки).

Ключевые слова: река Неглинка, компонентный анализ, главные компоненты, факторные нагрузки

DYNAMICS OF WATER QUALITY OF THE RIVER NEGLINKA IN TRANSIT THEM THROUGH THE CITY TERRITORY OF PETROZAVODSK

Dzyubuk I.M.¹, Klyukina E.A.¹

¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia (185910, Petrozavodsk, Lenin avenue), e-mail: ikrup@petsu.ru

We have presented the materials reflecting the dynamics of water quality of the river Neglinka flows through the territory of the city of Petrozavodsk (Republic of Karelia) in this article. The authors have obtained results that show, that the quality of natural waters of the river experiencing negative changes in long-term aspect and also in transit through urban areas — 5 out of 10 hydrochemical parameters exceed the norms. Using component analysis we have revealed the dependence between the indicators of water quality of the river Neglinka data for 1997 and 2013–2014. Note that literature data for 1997 is presented for two stations — the upper reaches and the river mouth. We have conducted component analysis on their own materials in 2013–2014 for three stations (upper, central part and the mouth of the river).

Keywords: River Neglinka, componental analysis, principal components, factor loadings

Большое значение в сохранении экологического благополучия северных городов имеют малые городские реки [2; 8]. Являясь источниками формирования водного баланса городов, местами рекреации, приемниками и транспортными путями отходов, они в первую очередь подвергаются антропогенному воздействию.

В настоящее время не теряют актуальности проблемы загрязнения и деградации малых городских рек. Для решения задач предотвращения и снижения загрязнения, улучшения качества вод и в целом для сохранения и поддержания устойчивости водных экосистем городов необходимы мониторинговые исследования городских рек.

Река Неглинка относится к малым рекам, протекающим через территорию города Петрозаводска (Республика Карелия). Воды реки оказывают влияние на формирование водных масс Петрозаводской губы Онежского озера. Химический состав вод реки трансформируется под влиянием городских сточных вод, с которыми выносятся большое количество органических, биогенных элементов и иного, что является объективным

показателем их загрязнения [6; 9].

В связи с этим целью работы было определение качества вод реки Неглинки по гидрохимическим параметрам при транзите их через городскую территорию.

В задачи исследования входило: определение значений гидрохимических показателей вод реки Неглинки и их динамики при транзите через городскую территорию; выявление зависимых признаков (гидрохимических показателей вод) и групп сходных объектов (станций отбора проб с учетом сезона и года).

Материалы и методы

Объектом исследования была река Неглинка, вытекающая из ламбушки в 12 км к юго-западу от города Петрозаводска и впадающая в Петрозаводскую губу Онежского озера. Протяженность реки составляет 14 км, ширина — 35–50 м (максимальная 200 м), средний уклон — 10,3, высота склонов — 6–8 м [7].

Пробы воды на гидрохимический анализ отбирались в весенний, летний и осенний периоды 2013 и 2014 гг. на трех постоянных станциях: 1-я станция (фон) — верховье реки, 2-я станция — участок реки в центре города Петрозаводска (р-н Парка отдыха), 3-я станция — устье реки.

Исследовали такие показатели, как: рН, цветность, растворенный в воде кислород, БПК₅, ПО, азот (нитрит-анион, нитрат-анион, ион аммония), фосфор (общий и фосфаты). Анализы проб воды выполнялись по стандартным методикам, принятым в гидрохимической практике [1, 5]. Полученные значения параметров сравнивались с предельно допустимыми концентрациями для рыбохозяйственных водоемов (ПДКр/х). Всего было проведено 180 анализов.

При статистической обработке результатов исследования применялся компонентный анализ [4]. Все графические построения и статистическая обработка данных проведены с использованием компьютерной программы StatGraphicsCenturionXV.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований было выявлено, что в 2013–2014 гг. такие значения гидрохимических показателей вод реки Неглинки, как значения рН, количество растворенного в воде кислорода, нитрат-ионов, фосфора общего и минерального, не выходили за пределы ПДКр/х на всех станциях во все сезоны. Однако отмечено превышение значений ПДКр/х (в среднем в 2 раза) показателей цветности, БПК₅, перманганатной окисляемости, аммоний- и нитрит-ионов (табл.1).

Таблица 1

Значения гидрохимических показателей вод реки Неглинки (2013–2014 гг. — собственные данные, 1997 г. — литературные данные [7])

Показатели	Год	Сезон, станции отбора проб								
		Весна			Лето			Осень		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
рН	1997	6,18	-	7,45	5,63	-	7,33	5,82	-	7,53
	2013	6,60	6,75	6,75	6,90	7,31	7,40	7,00	7,50	7,60
	2014	6,25	6,70	6,95	7,20	7,50	7,60	6,40	7,15	7,50
Цветность, град.	1997	269	-	148	393	-	210	305		198
	2013	356	312	276	468	138	120	690	216	214
	2014	286	250	230	147	59	21	310	132	55
Растворенный O ₂ , мгO ₂ /л	1997	8,83	-	8,49	8,37	-	8,76	7,73	-	8,2
	2013	6,04	6,65	6,27	7,64	8,29	7,64	9,66	9,04	10,44
	2014	10,40	10,47	10,68	7,13	5,25	6,47	8,50	7,01	9,98
БПК ₅ , мгO ₂ /л	1997	1,61	-	6,15	1,53	-	2,01	1,07	-	1,7
	2013	1,53	1,15	1,23	5,50	4,93	4,00	3,02	4,48	3,24
	2014	3,43	5,98	6,62	1,23	5,19	1,62	0,69	1,39	0,58
ПО, мгO/л	1997	28,6	-	14,6	42,1	-	28,2	39,8	-	29,6
	2013	40,55	31,85	29,55	31,60	15,50	6,80	43,80	17,10	16,30
	2014	25,04	16,68	13,60	31,60	14,56	9,16	41,28	17,12	15,08
NH ₄ ⁺ , мгN/л	1997	0,37	-	1,41	0,55	-	0,63	0,47	-	0,71
	2013	0,36	0,41	0,34	0,38	0,56	0,32	0,22	0,13	0,11
	2014	2,10	2,03	2,00	0,85	1,86	0,23	1,55	1,56	0,34
NO ₂ ⁻ , мгN/л	1997	0,001		0,04	0,003		0,012	0,003		0,009
	2013	0,002	0,006	0,006	0,079	0,191	0,097	0,007	0,172	0,083
	2014	0,016	0,204	0,243	0,027	0,092	0,050	0,039	0,056	0,069
NO ₃ ⁻ , мгN/л	1997	0,1	-	1,38	0,1	-	1,73	0,14	-	1,09
	2013	0,07	0,20	0,42	0,05	0,72	1,12	0,12	1,11	1,72
	2014	0,26	0,59	0,67	0,22	0,05	1,10	0,07	1,19	2,86
Р мин., мгP/л	1997	0,015	-	0,035	0,008	-	0,01	0,017	-	0,021
	2013	0,011	0,041	0,010	0,008	0,008	0,006	0,067	0,051	0,043
	2014	0,010	0,076	0,085	0,037	0,038	0,076	0,069	0,070	0,060
Р общ., мгP/л	1997	0,038	-	0,097	0,038	-	0,049	0,049	-	0,057
	2013	0,012	0,082	0,034	0,010	0,036	0,034	0,088	0,116	0,098
	2014	0,019	0,142	0,164	0,038	0,134	0,078	0,112	0,136	0,133

Примечание: жирным шрифтом — значения, превышающие ПДКр/х.

Высокая цветность характерна для естественных вод реки Неглинки, что связано с их болотным питанием. Это подтверждают и литературные, и полученные нами материалы (табл. 1). Поэтому в верховье (станция 1) фиксировались высокие значения цветности. При транзите вод через городскую территорию величина цветности уменьшалась в связи с наличием разбавляющего эффекта городских стоков, однако и в устье она превысила ПДКр/х. В 2013 г. в верховье реки наблюдались максимальные значения цветности (летом — 468 градусов, осенью — 690 градусов) вод. Исток реки находится в ельнике чернично-зеленомошном, который в связи со строительством в этот период двух жилых комплексов подвергся рубке. Естественные процессы гниения древесины были дополнены результатом деятельности человека, что привело к увеличению содержания в почве лигнина

(повышающего цветность) и поступления его с дождевым стоком с прилегающей территории в речные воды.

Также в 2013 г. летом и осенью и в 2014 г. весной на всех станциях значения БПК₅ превышали значение ПДКр/х, что связано с увеличением интенсивности биохимического окисления органических веществ. В 1997 г. на всех станциях значения БПК₅ были в пределах допустимых норм (кроме весенней пробы в устье). При транзите вод через городскую территорию в 2014 г. наблюдалась тенденция увеличения значений БПК₅. Максимальные значения показателя отмечены на станции 2, что может быть связано с несанкционированным сбросом сточных вод с прилегающей территории.

Болотное питание реки, а именно наличие большого количества гумуса, обуславливает и высокие величины ПО (особенно в истоке). Независимо от сезона наблюдалась динамика уменьшения значений показателя от истока к устью; вероятно, это связано с разбавлением речных вод стоками с городской территории.

Недопустимые значения аммонийных ионов на всех станциях (кроме 3-й станции летом и осенью) отмечены в 2014 г., что указывает на загрязненность вод реки азотсодержащими веществами, присутствующими в стоках со строительных площадей, хозяйственно-бытовых и промышленных. Только летом и осенью 2014 г. низкие значения этого показателя в устье, вероятно, связаны с разбавляющим эффектом вод Петрозаводской губы. На загрязнение вод реки хозяйственно-бытовыми стоками указывает и повышенное количество нитритов — в 2013 г. летом (на всех станциях) и осенью (центр города и устье реки) и в 2014 г. во все сезоны (кроме лета, в устье). Ситуация относительно содержания аммоний- нитрит-ионов в водах реки по сравнению с 1997 г. ухудшилась.

С целью выявления основных направлений изменчивости и групп сходных объектов гидрохимические показатели (табл. 1) были подвергнуты компонентному анализу. В результате анализа были получены четыре значимых главных компонента, описывающих 85,1% изменчивости признаков (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсии главных компоненты (ГК)

Номер ГК	Значение дисперсии	Относительный вес, %
1	3,14403	31,4
2	2,22826	22,3
3	1,99521	20
4	1,137	11,4

Весовые коэффициенты (факторные нагрузки) показывают, что взаимные корреляции всех признаков невелики. Первая компонента создается в основном за счет переменных, касающихся увеличения значений цветности и количества Р_{мин.}; вторая — за счет переменных, касающихся увеличения количества растворенного кислорода и Р_{общ.} при

уменьшении количества нитрат-ионов; третья — за счет переменных, показывающих увеличение количества аммоний-ионов при уменьшении нитрит-ионов; а четвертая — за счет переменных, показывающих увеличение количества нитрат-ионов при уменьшении значений БПК₅ и ПО (табл. 3).

Таблица 3

Факторные нагрузки по главным компонентам по данным за 2013—2014 годы

Показатели	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК-4
pH	0,389149	-0,141729	-0,352178	-0,0833409
Цветность	0,475941	-0,101828	-0,251013	0,0684229
Растворенный O ₂	0,251115	0,538827	0,0906116	0,0246906
БПК ₅	-0,24343	-0,370849	0,068555	-0,56829
ПО	0,317452	-0,216138	0,0509026	-0,601868
NH ₄ ⁺	0,25646	-0,210684	0,56606	0,0396184
NO ₂ ⁻	0,00282067	-0,199844	-0,574977	0,0333329
NO ₃ ⁻	0,200925	-0,473831	-0,0342463	0,469597
P мин.	0,442451	-0,080428	0,340795	0,0619197
P общ.	0,31151	0,423857	-0,170661	-0,274825

Построенные в ходе компонентного анализа ординации объектов по двум главным компонентам выявили разделение исследуемых объектов на группы. Так, по ГК-1 и ГК-2 объекты группируются на содержащие большое количество P_{мин.} и P_{общ.}, растворенного кислорода и имеющие высокую цветность и объекты с наименьшими значениями данных признаков, но наибольшим содержанием нитрат-ионов. Наглядно эта ординация представлена на рисунке 1.

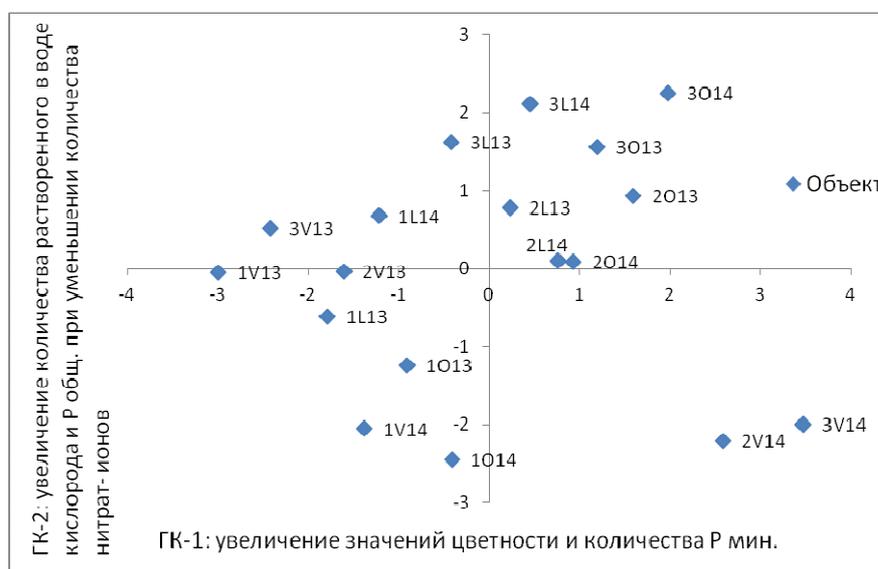


Рис. 1. Ординация объектов по ГК-1 и ГК-2 по данным за 2013–2014 гг.

Ординация по ГК-1 и ГК-3 показала, что объекты делятся на группу с высоким значением цветности и содержанием P_{мин.} аммоний-иона при низком значении нитрит-ионов, и на группу, у которой количество нитрит-ионов больше, но меньше аммоний-ионов P_{мин.} и ниже цветность. По ГК-2 и ГК-3 объекты делятся на две группы: первая группа

включает объекты с наибольшим количеством растворенного в воде кислорода, Робщ. и аммоний-ионов при уменьшении количества нитрат-ионов и нитрит-ионов.

По ГК-1 и ГК-4 объекты разделены на следующие две группы: первая группа соответствует признаку «увеличение значений цветности, Рмин., нитрат-ионов», а вторая — наоборот, уменьшению этих признаков.

Ординация объектов по ГК-3 и ГК-4 разделила исследуемые объекты на две группы: первая группа (первая станция отбора проб весной 2013 г., вторая станция летом 2013 и 2014 гг., весной 2014 г., третья станция весной 2014 г.) должна содержать большее количество аммоний-ионов, нитрат-ионов, чем вторая (третья станция отбора проб осенью 2014 г.).

Ординация объектов по ГК-2 и ГК-4 выделила следующие две группы: 1 — объекты с наибольшим количеством растворенного в воде кислорода, Робщ., нитрат-ионов (первая станция отбора проб летом 2014 г., вторая станция летом, осенью 2014 г. и летом 2013 г., третья станция весной, летом 2013 г. и летом 2014 г.); 2 — объекты с наименьшими значениями данных признаков (первая станция отбора проб осенью 2013 и 2014 гг. и летом 2013 г.). Эта информация подтверждается абсолютными значениями, полученными в ходе анализа данных (табл. 1).

Также были подвергнуты компонентному анализу гидрохимические показатели вод реки Неглинки за 1997 г. (табл. 4). В результате были получены две значимые главные компоненты, описывающие 87,4 % изменчивости признаков, при этом значение дисперсии для ГК-1 равно 7,23, а для ГК-2 — 1,51.

Таблица 4

Факторные нагрузки по главным компонентам по данным за 1997 г.

Показатели	ГК-1	ГК-2
рН	0,305112	0,330029
Цветность	-0,330943	-0,20739
Растворенный O ₂	0,088493	0,630492
БПК ₅	0,341432	-0,169927
ПО	-0,34871	-0,159757
NH ₄ ⁺	0,346838	-0,213503
NO ₂ ⁻	0,355934	-0,148014
NO ₃ ⁻	0,282485	0,375533
Р мин.	0,318297	-0,34227
Р общ.	0,351114	-0,265496

Факторные нагрузки показывают, что взаимные корреляции всех признаков невелики.

Первая компонента (ГК-1) выявляет следующую зависимость между рассмотренными гидрохимическими показателями: увеличение рН, БПК₅, NH₄⁺, NO₂⁻, Рмин. и Робщ. при уменьшении цветности и ПО; вторая компонента (ГК-2) создается в основном за счет переменной «Растворенный O₂» (0,630492), при увеличении которой также увеличиваются показатели рН и NO₃⁻.

Заключение

В настоящее время малые реки испытывают интенсивное и многообразное антропогенное влияние в пределах городских территорий. Проведенные гидрохимические исследования вод реки Неглинки, протекающей через территорию города Петрозаводска, показали, что она находится под сильным антропогенным влиянием — пять из десяти гидрохимических показателей превышают ПДКр/х. Результаты исследования свидетельствуют, что качество природных вод реки претерпевает негативные изменения в многолетнем аспекте и также при транзите через городскую территорию.

Установлено, что при транзите вод реки Неглинки через городскую территорию от истока к устью рН среды сдвигается в щелочную сторону, увеличивается количество нитрат-ионов и нитрит-ионов, при этом уменьшаются значения цветности, перманганатной окисляемости. В центральной части реки воды характеризуются максимальными значениями БПК₅, аммоний-иона, фосфора общего и минерального. Это связано с разбавлением природных вод реки стоками с городской территории.

Компонентный анализ показал следующие взаимосвязи между показателями качества вод реки Неглинки в 2013–2014 гг.: при увеличении значений цветности увеличивается количество фосфатов; при увеличении растворенного в воде кислорода и фосфора общего идет уменьшение нитрат-ионов; при увеличении количества аммоний-ионов уменьшается концентрация нитрит-ионов; при увеличении количества нитрат-ионов идет уменьшение значений БПК₅ и ПО. А в 1997 г. были характерны следующие зависимости: при увеличении рН, БПК₅, NH₄⁺, NO₂⁻, Р_{мин.} и Р_{общ.} уменьшаются цветность и ПО; при увеличении растворенного кислорода увеличиваются показатели рН и NO₃⁻.

Таким образом, река, протекая через городскую территорию, аккумулирует в себе и выносит в Петрозаводскую губу Онежского озера большое количество органических веществ, биогенных элементов, особенно в периоды весеннего и осеннего половодья. Это свидетельствует о необходимости проведения в дальнейшем мониторинга и принятия мер по охране вод реки Неглинки.

Авторы выражают огромную благодарность Ореховой Н.А. за помощь при отборе проб и первичной обработке материалов.

Список литературы

1. Алекин А.О. и др. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеоиздат, 1973. — 269 с.

2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2011 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия; [ред кол.: Громцев А.М. и др.]. — Петрозаводск: Андреев П.Н., 2012. — 294 с.
3. Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Филатова Н.Н. и Литвиненко А.В. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2001. — 90 с.
4. Коросов А.В., Горбач В.В. Компьютерная обработка биологических данных: метод. пособие. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. — 84 с.
5. Новиков Ю.В. и др. Методы исследования качества воды водоемов. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
6. Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. — Петрозаводск: Карелия, 1991. — 240 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Часть 3. Гидрографические описания рек и озер / Под ред. В.Е. Водогрецкого]. — Л.: Гидрометеоиздат, 1997. — 959 с.
8. Рыжков Л.П., Дзюбук И.М., Горохов А.В., Марченко Л.П. Экологические проблемы города Петрозаводска // Тр. Петрозаводского госуниверситета. Серия Биология. Вып. 2. Вопросы популяционной экологии. — Петрозаводск: изд-во ПетрГУ, 2008. — С. 335–346.
9. Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Ленинград: Наука, 1990. — 264 с.

Рецензенты:

Шустов Ю.А., д.б.н., профессор, профессор кафедры зоологии и экологии, ФГБУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск;

Шкляревич Г.А., д.б.н., профессор, профессор кафедры зоологии и экологии, ФГБУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск.