

УДК 504.45.064:282.247.412.6

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОДЫ Р. КЛЯЗЬМА****Лямперт Н.А., Ничипорова И.П., Лобченко Е.Е., Первышева О.А.***ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону, e-mail: n194547@yandex.ru*

Статья посвящена оценке современного состояния и динамике качества воды реки Клязьма за многолетний период. В работе использованы данные о химическом составе воды реки Клязьма в шести пунктах наблюдений, на которых расположены двенадцать створов. На основе анализа многолетних данных определены характерные и критические показатели загрязненности воды. В статье дан подробный анализ закономерности тенденций изменения содержания приоритетных загрязняющих веществ (биогенных и органических) в воде реки. Рассмотрено влияние антропогенной нагрузки на экологическое состояние реки на основе анализа повторяемости случаев превышения ПДК, среднегодовых и максимальных концентраций биогенных и органических веществ и комплексных оценок качества воды. Показано изменение числа случаев высокого загрязнения воды как по течению реки, так и за многолетний период. При анализе данных выявлен неравномерный характер распределения биогенных и органических веществ по течению реки, разный уровень содержания этих веществ в воде на участках реки на территориях Московской и Владимирской областей. Установлено: высокая пространственная неоднородность содержания в воде загрязняющих веществ обусловлена характером распределения максимальных значений концентраций за многолетний период и диапазонов их колебаний по длине реки. Рассмотрена сезонная динамика изменения содержания приоритетных загрязняющих веществ в воде. Дана сравнительная характеристика качества воды реки до и после реконструкции Щелковских очистных сооружений. На основе анализа многолетней информации с использованием комплексных оценок отмечена тенденция снижения уровня загрязненности воды реки Клязьма ниже г. Щелково после реконструкции Щелковских очистных сооружений. Выявлены многолетние тренды концентраций биогенных и органических веществ ниже г. Щелково и в устье реки (п. Галицы).

Ключевые слова: качество воды, экологическая обстановка, уровень загрязненности, концентрации, критические загрязняющие вещества

**CURRENT STATE AND DYNAMICS
OF WATER QUALITY OF THE KLYAZMA RIVER****Lyampert N.A., Nichiporova I.P., Lobchenko E.E., Pervysheva O.A.***Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, e-mail: n194547@yandex.ru*

The article is devoted to the assessment of the current state and dynamics of the water quality of the Klyazma River over a long period. The work used data on the chemical composition of the water of the Klyazma River at six observation points, on which twelve gauges are located. Based on the analysis of long-term data, characteristic and critical indicators of water pollution were determined. The article provides a detailed analysis of the patterns of trends in the content of priority pollutants (biogenic and organic) in the river water. The influence of anthropogenic load on the ecological state of the river is considered based on the analysis of the frequency of cases of exceeding the MPC, average annual and maximum concentrations of biogenic and organic substances, and complex assessments of water quality. The change in the number of cases of high water pollution both along the river and over a long period is shown. The analysis of the data revealed an uneven distribution of biogenic and organic substances along the river, a different level of the content of these substances in the water in the river sections in the territories of the Moscow and Vladimir regions. It has been established that the high spatial heterogeneity of the content of pollutants in the water is due to the nature of the distribution of the maximum values of concentrations over a long-term period and the ranges of their fluctuations along the length of the river. The seasonal dynamics of changes in the content of priority pollutants in water is considered. A comparative characteristic of the river water quality before and after the reconstruction of the Shchelkovo treatment facilities is given. Based on the analysis of long-term information using comprehensive assessments, a trend was noted for a decrease in the level of water pollution in the Klyazma River below the town of Shchelkovo after the reconstruction of the Shchelkovo treatment facilities. Long-term trends in the concentrations of biogenic and organic substances below the city of Shchelkovo and in the mouth of the river (n. Galitsy) were revealed.

Keywords: water quality, environmental situation, pollution level, concentrations, critical pollutants

Проблема продолжающегося истощения водных ресурсов стала особенно актуальной в последние десятилетия. Среди видов хозяйственной деятельности изъятие стока для использования в различных производственных процессах и коммунальном хозяйстве с возвратом в виде сточных вод в речную сеть считается наиболее мощным антропогенным фактором, влияющим на формирование качества речных вод [1].

Сброс сточных вод в поверхностные воды суши является одной из причин увеличения их загрязненности, поскольку современный уровень очистки сточных вод таков, что даже в водах, прошедших биологическую очистку, содержится значительное количество нитратов и фосфатов, которого достаточно для заметного изменения качества воды [1; 2].

Река Клязьма – самый большой приток р. Ока, длина ее 686 км, площадь бассейна

42,5 тыс. км². Значительная часть бассейна расположена в пределах Московской и Владимирской областей и служит источником питьевого водоснабжения.

Поверхностные воды бассейна Клязьма испытывают большую антропогенную нагрузку, связанную как с высокой плотностью населения, так и с интенсивной хозяйственной деятельностью.

Существенную роль в формировании качества воды р. Клязьма играют промышленные и жилищно-коммунальные загрязненные сточные воды предприятий городов Московской (Щелково, Ногинск, Электросталь, Орехово-Зуево) и Владимирской (Владимир и Ковров) областей. В 2020 г. объем загрязненных сточных вод, поступивших в р. Клязьма, составлял: от предприятий Владимирской области 44,2 млн м³, Московской области 222 млн м³. Крупнейший источник загрязнения воды в верхнем течении реки на территории Московской области – Щелковские очистные сооружения ЗАО «Экоаэросталкер», осуществляющие прием и очистку бытовых и производственных сточных вод в объеме 144 млн м³ [3]. Доля нормативно очищенной воды, поступающей в р. Клязьму, в общем объеме сточных вод, требующих очистки, незначительна (по данным за 2015 г. до 2%) [4].

Цель исследования – выявление тенденций изменения уровня загрязненности воды реки Клязьма азотсодержащими и органическими веществами по течению реки в течение многолетнего периода.

Материалы и методы исследования

Материал исследования – многолетняя (2001-2020 гг.) режимная гидрохимическая информация, полученная государственной наблюдательной сетью Росгидромета. В работе использованы данные о химическом составе воды непосредственно р. Клязьма в 6 пунктах наблюдений, на которых расположено 12 створов.

Методы исследования – оценка качества воды по гидрохимическим показателям проведена с использованием метода комплексной оценки (РД 52.24-2002) [5]. Для выявления тенденций концентраций загрязняющих веществ применялся непараметрический тест Кендэлла [6].

Результаты исследования и их обсуждения

Для определения влияния загрязняющих веществ на уровень загрязненности воды проведено их разделение согласно

РД 52.24-2002 на характерные и критические показатели.

Антропогенное влияние Щелковских очистных сооружений на состояние воды реки проявлялось в первую очередь в увеличении в створе ниже г. Щелково, по сравнению с фоновым створом, повторяемости случаев превышения ПДК (предельно допустимые концентрации) по комплексу загрязняющих веществ: фосфора фосфатов от 0-20% до 30-100%, нитритного азота от 50-75% до 100%, аммонийного азота в большую часть многолетнего периода от 50-70% до 100%. После реконструкции очистных сооружений снижение уровня загрязненности воды в 2015-2018 гг. проявилось в уменьшении числа случаев превышения ПДК аммонийным азотом до 23-31%.

В большую часть рассматриваемого периода характерными загрязняющими веществами воды р. Клязьма от створа ниже г. Щелково до п. Галицы были органические вещества (по БПК₅ и ХПК) (биохимическое потребление кислорода за 5 суток и химическое потребление кислорода), аммонийный и нитритный азот, соединения железа, в створе ниже г. Щелково в 2007-2020 гг. добавлялся фосфор фосфатов.

При переходе реки из Московской во Владимирскую область повторяемость случаев превышения ПДК снижалась, в отдельные годы до значений ниже 50%: аммонийным азотом в 2010-2014 гг., нитритным в 2008, 2010, 2013, 2018-2019 гг., легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) в 2006-2015 гг.

Подтверждением высокой пространственной неоднородности содержания в воде загрязняющих веществ является характер распределения максимальных значений концентраций за многолетний период и диапазонов их колебаний по длине реки. Как правило, наиболее высокие абсолютные значения концентраций загрязняющих веществ отмечались ниже сброса сточных вод Щелковских очистных сооружений. По течению реки от Московской к Владимирской области значительно сужался диапазон колебания концентраций загрязняющих веществ (табл. 1).

Одной из характерных особенностей поверхностных вод рек бассейна Оки является повышенное содержание в воде соединений минерального азота и фосфора фосфатов, причем в промышленных районах концентрации значительно выше, чем в сельскохозяйственных.

Таблица 1

Диапазон колебаний максимальных концентраций
приоритетных загрязняющих веществ в воде р. Клязьма в течение 2001-2020 гг.

Загрязняющие вещества	Максимальные концентрации 2001-2020 гг. (мг/л)				
	г. Щелково	г. Павловский Посад	г. Орехово-Зуево	г. Владимир	п. Галицы
БПК ₅	7,38-28,5	6,20-20,8	7,04-20,2	2,30-15,6	1,30-9,84
ХПК	39,8-124	4,48-77,2	39,5-73,1	34,6-73,9	34,0-83,0
Аммонийный азот	1,25-22,7	1,60-19,2	1,40-15,2	1,07-3,99	0,68-3,06
Нитритный азот	0,076-0,723	0,122-0,624	0,100-0,536	0,035-0,328	0,02-0,398
Нитратный азот	1,46-10,8	0,99-9,24	1,60-11,1	0,18-2,28	0,22-1,68
Фосфор фосфатов	0,192-3,13	0,231-1,48	0,195-0,795	0,116-0,541	0,089-0,941

Таблица 2

Число случаев высокого загрязнения воды р. Клязьма
легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅),
аммонийным и нитритным азотом, соединениями железа

Пункт	Число случаев высокого загрязнения (ВЗ)															
	Годы															
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
г. Щелково	5	13	6	10	5	13	22	20	27	20	3	0	0	1	11	4
г. Павловский Посад	2	8		2	2	7	9	12	14	18	1	-	1	-	3	1
г. Орехово-Зуево	2	10	3	1	1	5	7	4	13	1	5	-	1	1	2	1
г. Владимир	1	1				1	1				1	3		2	1	
г. Ковров	2	2	1	1	1	1	1		1							
г. Галицы	1	2				2	1									

Содержание соединений азота увеличивается в воде рек, протекающих по территории Московской области, где применялось значительное количество азотных удобрений, и в реках, дренирующих территории с преобладанием темно-серых лесных почв и черноземов, имеющих большие, чем дерново-подзолистые и серые лесные почвы, естественные запасы почвенного азота.

Влияние антропогенного фактора на качество воды р. Клязьма ниже г. Щелково проявлялось в увеличении числа случаев высокого загрязнения (ВЗ) отдельными загрязняющими веществами, которые достигали критического уровня загрязненности воды в большую часть рассматриваемого периода: аммонийным и нитритным азотом, легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) на территории Московской области; нитритным азотом и соединениями железа – Владимирской области.

На участке реки выше г. Щелково было зарегистрировано по 1 случаю высоко-

го загрязнения воды аммонийным азотом в 2006 и 2013 гг. Ниже г. Щелково вплоть до границы с Владимирской областью случаи ВЗ воды аммонийным и нитритным азотом фиксировали в большую часть многолетнего периода; легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) в створе ниже г. Щелково – практически ежегодно за исключением 2016-2018 гг., у городов Павловский Посад и Орехово-Зуево – в 2005-2006, 2013-2014 гг. В результате увеличения объема загрязненных сточных вод ЗАО «Экоаэросталкер» возросло число случаев ВЗ воды в 2013 и 2014 гг.: ниже г. Щелково до 27 и 20, ниже г. Павловский Посад до 14 и 18 соответственно. После реконструкции очистных сооружений снижение уровня загрязненности воды реки проявилось, начиная с 2015 г., в уменьшении числа случаев ВЗ (табл. 2). Случаи экстремально высокого уровня загрязненности воды аммонийным азотом были зафиксированы ниже г. Щелково в 2013 г.

На территории Владимирской области регистрировали единичные случаи ВЗ воды нитритным азотом, реже аммонийным, в отдельных случаях – соединениями железа, легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (табл. 2).

Неудовлетворительная работа Щелковских очистных сооружений сказывалась на увеличении уровня загрязненности воды в створе ниже сброса сточных вод по сравне-

нию с фоновым (2,1 км выше г. Щелково) особенно в 2013 и 2014 гг., когда среднегодовые концентрации возросли: органических веществ (по БПК₅) в 3 и 4 раза до 10,6 и 13,8 мг/л, по ХПК в 2 раза до 62,9 и 67,9 мг/л, азота аммонийного в 7 и 16 раз до 12,2-12,5 мг/л, нитритного в 5-7 раз до 0,270 и 0,165 мг/л, нитратного в 3-5 раз до 4,70 и 2,90 мг/л, фосфора фосфатов в 3 раза до 0,262 и 0,452 мг/л соответственно (рис. 1).

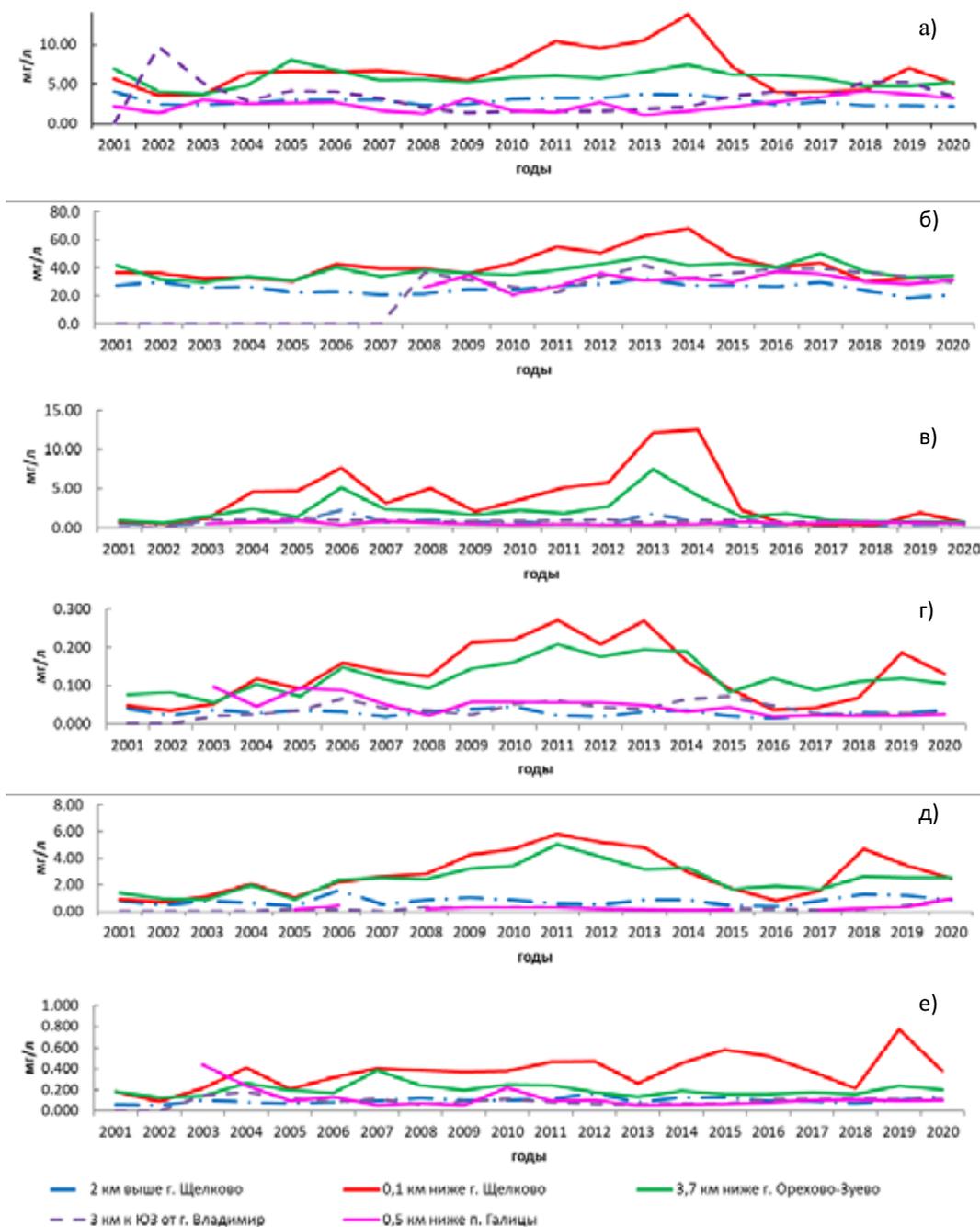


Рис. 1. Динамика среднегодовых концентраций в воде р. Клязьма в течение многолетнего периода: а) легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), б) органических веществ (по ХПК), в) аммонийного азота, г) нитритного азота, д) нитратного азота, е) фосфора фосфатов

После проведения реконструкции очистных сооружений загрязненность воды аммонийным и нитритным азотом, легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) в 2016-2017 гг. снизилась.

Диапазон межгодовых колебаний среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в воде реки на территории Московской области, особенно в створе ниже г. Щелково, был существенным: от максимальных значений в 2013-2014 гг. до минимальных в 2015-2017 гг., особенно четко эти колебания проявлялись по аммонийному и нитритному азоту, легкоокисляемому органическому веществу (по БПК₅) (рис. 1).

Изменение уровня загрязненности воды ниже г. Щелково в меньшую или большую сторону практически синхронно отражалось на уровне загрязненности воды у городов Павловский Посад и Орехово-Зуево.

Отличительной особенностью распределения органических и азотсодержащих веществ в воде по течению реки на территории Московской области в 2016-2018 гг. было превышение среднегодовых концентраций в створах ниже гг. Павловский Посад и Орехово-Зуево относительно створа ниже г. Щелково в результате неблагоприятного воздействия загрязненных сточных вод предприятий этих городов (рис. 1).

Наиболее высокая загрязненность воды фосфором фосфатов на участке реки ниже г. Щелково отмечалась в 2015, 2016 и 2019 гг., когда максимальные концентрации достигали 3,13, 1,18 и 1,97 мг/л, среднегодовые – 0,582, 0,522 и 0,771 мг/л.

Анализ распределения средних концентраций основных загрязняющих веществ в воде по течению реки показал, что диапазон межгодовых колебаний среднегодовых концентраций азотсодержащих и органических веществ (по БПК₅ и ХПК), фосфора фосфатов на территории Владимирской области сужался, значения среднегодовых концентраций уменьшались.

Изменение среднегодовых концентраций в воде реки ниже п. Галицы относительно фонового для реки створа (выше г. Щелково) во временном аспекте характеризовалось разнонаправленным характером: аммонийного азота и легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) – незначительным снижением в 2008-2014 гг. и возрастанием в последние 4-5 лет; нитритного азота – повышением в 2008-2014 гг. и снижением в 2015-2020 гг. В устье по сравнению с фоновым створом в большую часть многолетнего периода среднегодовое содер-

жание органических веществ (по ХПК) незначительно возрастало, нитратного азота снижалось (рис. 1).

Среднемесячные многолетние концентрации аммонийного и нитритного азота, органических веществ (по БПК₅ и ХПК) в воде на протяжении двадцатилетнего периода превышали допустимые значения в разные сезоны во всех створах, что являлось следствием поступления в реку загрязненных сточных вод и поверхностного стока. Содержание органических веществ (по ХПК) в воде реки на территории Московской области чаще повышалось до максимальных значений в зимний период и половодье; на территории Владимирской области четкие закономерности не выявлены ввиду недостаточности информации.

Среднемесячные многолетние концентрации легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) в реке достигали максимальных значений ниже г. Щелково и г. Павловский Посад в зимнюю межень и половодье. Ниже по течению содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) повышалось ниже г. Владимир как в период паводка, так и в летнюю межень, у с. Галицы – в летнюю межень.

Сезонная динамика распределения нитритного азота в воде реки на территории Московской области изменялась от максимальных концентраций в половодье и в летнюю межень до минимальных в зимнюю межень. На территории Владимирской области максимальные концентрации чаще фиксировали в половодье (рис. 2).

При анализе среднемесячных многолетних концентраций аммонийного и нитратного азота в воде реки на территории Московской области выявлены нарушения природной внутригодовой изменчивости. Наиболее высокие концентрации аммонийного и нитратного азота на территории Московской области чаще встречались в летнюю межень; на территории Владимирской области – в зимнюю межень

В р. Клязьма в створе 0,1 км ниже г. Щелково выявлены тенденции увеличения концентраций в течение исследуемого периода для органических веществ (по БПК₅ и ХПК), нитратного азота, слабо выраженные возрастающие тренды обнаружены для нитритного и аммонийного азота, фосфора фосфатов. В устье в 0,5 км ниже п. Галицы в многолетнем плане определена тенденция убывающей направленности для аммонийного, нитритного и нитратного азота, возрастающей – для органических веществ (по БПК₅ и ХПК).

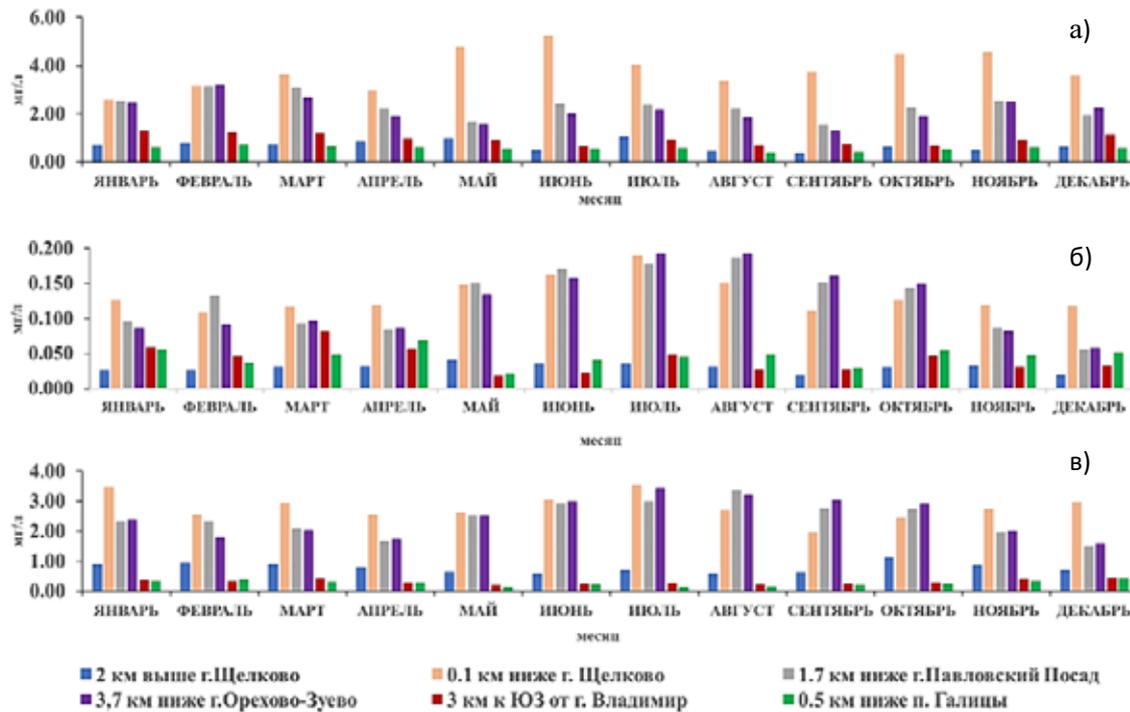


Рис. 2. Изменение среднемесячных многолетних концентраций в воде р. Клязьма: а) аммонийного азота, б) нитритного азота, в) нитратного азота

Согласно комплексным оценкам, изменение уровня загрязненности воды р. Клязьма в течение многолетнего периода проходило в основном в пределах 4-го класса качества, варьируя от «грязной» до «очень грязной».

Для участка реки выше г. Щелково характерна вода 4-го класса разряда «а» («грязная»). Под влиянием загрязненных сточных вод Щелковских очистных сооружений качество воды реки снижалось в большую часть многолетнего периода до «очень грязной»; в 2013-2014 гг. в результате увеличения объема загрязненных сточных вод ЗАО «Экоаэросталкер» – до «экстремально грязной». Проведенная реконструкция Щелковских очистных сооружений благоприятно отразилась на улучшении качества воды реки ниже г. Щелково до «грязной» в 2015-2018 гг. В последующие годы в результате снижения эффективности работы очистных сооружений загрязненность воды в створе ниже г. Щелково возросла до «экстремально грязной» в 2019 г. и «очень грязной» в 2020 г. Далее по течению реки ниже городов Павловский Посад и Орехово-Зуево в течение двадцатилетнего периода сохранялось неудовлетворительное качество воды, причем в фоновых створах вода стабильно

оценивалась как «грязная»; в контрольных варьировала от «грязной» до «очень грязной», в 2017-2020 гг. стабильно соответствовала уровню «грязной». На территории Владимирской области (г. Владимир, г. Ковров, п. Галицы) вода реки в течение двадцатилетнего периода характеризовалась как «грязная».

Выводы

Проведенный анализ многолетней гидрохимической информации выявил, что водная экосистема р. Клязьма функционирует в условиях повышенной антропогенной нагрузки. Негативное воздействие загрязненных сточных вод Щелковских очистных сооружений ЗАО «Экоаэросталкер» проявлялось в повышении уровня загрязненности воды реки биогенными веществами до концентраций, в десятки раз превышающих ПДК, который сохранялся по всему течению реки на территории Московской области. На фоне накопления в воде реки аммонийного, нитритного и нитратного азота отмечалось нарушение природной внутригодовой изменчивости концентраций биогенных веществ.

После реконструкции Щелковских очистных сооружений уровень загрязнен-

ности воды реки ниже г. Щелково в 2016-2018 гг. аммонийным и нитритным азотом, легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) уменьшился. С 2019 г. эффективность работы очистных сооружений снизилась, что отразилось на возрастании уровня загрязненности воды аммонийным и нитритным азотом по сравнению с 2016-2018 гг.

Результаты исследования могут быть использованы в дальнейшем при разработке эффективных природоохранных мероприятий, направленных на улучшение качества воды реки.

Список литературы / References

1. Шапоренко С.И. Качество воды в устье Волги как отражение современной водохозяйственной деятельности на водосборе реки // Водное хозяйство России. 2018. № 6. С. 50-69.
2. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций. Ростов-н/Д.: Изд-во «НОК», 2012. 308 с.
3. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2020 г. Ростов-н/Д.: ГХИ, 2021. 612 с.
4. Демин А.П. Сточные воды и качество воды в бассейне реки Волга (2000-2015 гг.) // Ученые записки. 2017. № 48. С. 55-71.
5. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеоздат. 2003. 49 с.
6. Helsel D.R., Hirsch R.M., Ryberg K.R., Archfield S.A., Gilroy E.J. Statistical methods in water resources: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 4, chap. A3. 2020. 458 p. DOI: 10.3133/tm4a3.