

Экологические проблемы реки Новой (Санкт-Петербург) и пути их решения

*С.А. Кондратьев¹, А.Ю. Брюханов², Н.В. Игнатьева¹,
А.Е. Лапенков¹, А.М. Расулова¹, А.В. Терехов¹, Н.С. Обломкова²*

¹ Институт озераведения РАН, Санкт-Петербург, kondratyev@limno.org.ru

² Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург

Выявлены источники загрязнения и разработаны рекомендации по улучшению экологической ситуации в водной системе р. Новой. Показано, что экологическая ситуация на объекте оценивается как чрезвычайная и объект признан зоной экологического бедствия. Основной причиной этого является сельскохозяйственная деятельность предприятия ЗАО «Предпортовый», расположенного в пределах верхней полевой части и осуществляющего сброс сточных вод в дренажную систему водосбора, а также вывозящего навоз на сельскохозяйственные поля, непосредственно примыкающие к руслу реки. Улучшения экологической ситуации можно достичь путем оптимизации сельскохозяйственного производства, удаления из водной системы биогенных и органических веществ, организации прибрежной защитной полосы, увеличения проточности в результате возвращения стока в прежнее русло.

Ключевые слова: гидро- и геохимические исследования, азот, фосфор, эвтрофирование, биогенное загрязнение.

Ecological problems of the river Novaya (St. Petersburg) and ways to solve them

*S.A. Kondratyev¹, A. Yu. Bruchanov², N.V. Ignatyeva¹,
A.E. Lapenkov¹, A.M. Rasulova¹, A.V. Terekhov¹, N.S. Oblomkova²*

¹ Institute of Limnology of RAS, Saint-Petersburg, Russia

² Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Saint Petersburg, Russia

Main sources of pollution of the river Novaya, one of the most ecologically unfavorable water bodies in St. Petersburg, have been revealed on the basis of hydrological, hydrochemical and geochemical data. The river lost natural water supply and its length decreased by 4 times after the runoff from the upper part of catchment was redirected to the river Dudergofka during the construction of the Pulkovo Airport several decades ago. Currently, the river is a drainage system of agricultural territory, supplying a system of six connected ponds at urban area. The main ecological problem of the aquatic system under study has been found to be nutrient and organic pollution. Main reason of pollution is intensive agricultural activity at the catchment area. As a result, a huge amount of phosphorus, nitrogen and organic substances enters the hydrographic network. Low flow rate of the water system makes worse the development of negative processes in the ecosystem. The main polluter is a livestock enterprise located in the upper part of the catchment area. It discharges wastewater into the drainage system in the catchment area and manures agricultural fields directly adjacent to the riverbed. In accordance with the evaluation criteria of the degree of surface waters chemical pollution, approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, the situation is assessed as extreme in the aquatic system, and at some sites - as a zone of ecological disaster by a number of parameters. No contamination of water and bottom sediments, as well as soils in the catchment area with

priority organic pollutants previously entering from the airport territory was detected. Nutrient loading on the aquatic system of the catchment area from the agricultural enterprise has been calculated. It has been assessed that the use of the best available technologies for agricultural activity could reduce the phosphorus load by 9 % and the nitrogen load by 28 %. Currently, the calculated concentration of total phosphorus in the drainage system in the catchment area is 4 times higher than the hyper eutrophic state limit. An improvement in the ecological situation can be achieved by optimizing agricultural activity in the catchment area, periodical removal of some nutrients and organic substances by mowing macrophytes in the swampy floodplain area, establishing a coastal protective zone and increasing the flow rate as a result of the return of runoff from the upper part of the river catchment to the former course.

Keywords: hydro- and geochemical studies, nitrogen, phosphorus, eutrophication, nutrient pollution.

For citation: S.A. Kondratyev, A.Yu. Bruchanov, N.V. Ignatyeva, A.E. Lapenkov, A.M. Rasulova, A.V. Terekhov, N.S. Oblomkova. Ecological problems of the river Novaya (St. Petersburg) and ways to solve them. *Gidrometeorologiya i Ekologiya*. Hydrometeorology and Ecology (Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University). 2020. 59: 94—110. [In Russian]. doi: 10.33933/2074-2762-2020-59-94-110

Введение

Состояние городских водных объектов (рек, каналов, озер, водохранилищ, прудов и карьеров) является объективным индикатором степени загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий. Практически все водные объекты, расположенные в городской черте, в большей или меньшей степени испытывают антропогенное воздействие, в результате чего естественные процессы формирования качества воды и функционирования экосистем, как правило, нарушены. Ситуация усугубляется тем, что большинство таких водоемов имеет низкую самоочищающую способность. Неудовлетворительное качество поверхностных вод урбанизированных территорий отрицательно влияет на жизнедеятельность гидробионтов и здоровье людей и может способствовать возникновению неблагоприятной эпидемиологической обстановки [1, 2].

В течение последних лет огромное количество жалоб населения в муниципальные и природоохранные организации Санкт-Петербурга было связано с неблагоприятным экологическим состоянием так называемой реки Новой. В настоящее время она представляет собой дренажную систему сельскохозяйственных территорий, которая питает шесть последовательно связанных прудов, находящихся в пределах городской застройки. Проблема экологического неблагоприятия этих прудов не нова: на протяжении, по крайней мере, последних двух десятилетий они относятся к числу наиболее загрязненных водоемов города [2]. В 2010 г. в качестве оздоровительного мероприятия городскими властями была выполнена дноочистка прудов. Однако, как показали результаты комплексных исследований, выполненных в 2011—2013 гг. Институтом озераведения РАН (ИНОЗ РАН), эффективность этого мероприятия уже через год-два свелась практически к нулю. Дело в том, что основной источник загрязнения прудов, которым, как было установлено в ходе исследований, является сток с верхней, речной части водной системы р. Новой, так и не был устранен.

Недовольство граждан особенно возросло в последние годы. Причиной этого является, прежде всего, сильный неприятный запах, распространяющийся вокруг прудов, а также многочисленные случаи гибели водоплавающих птиц. В 2019 г.

проблема крайне неблагоприятного экологического состояния р. Новой широко освещалась в средствах массовой информации, в том числе на региональных телевизионных каналах, обсуждалась на ряде совещаний, проводимых под эгидой администрации Санкт-Петербурга с участием представителей государственных, частных и общественных организаций. До недавнего времени основным виновником сложившейся неблагоприятной экологической ситуации считался аэропорт Пулково, точнее его управляющая компания ООО «Воздушные ворота Северной столицы», поскольку содержащая органические загрязняющие вещества (ОЗВ) противообледенительная жидкость, применяемая для обработки самолетов и взлетно-посадочных полос в холодное время года, через Сбросной канал частично попадала в русло р. Новой. Аэропорт был оштрафован за причинение ущерба рыбохозяйственному объекту, которым официально является р. Новая, и летом 2019 г. все стоки с аэродромных покрытий были переключены на канализационную сеть ГУП Водоканал СПб. Однако проблема экологического неблагоприятия реки осталась.

В сложившейся ситуации насущной проблемой стало выявление основных источников современного загрязнения и разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки на водной системе, называемой р. Новой. Именно эта задача была поставлена перед Институтом озероведения РАН осенью 2019 г. Поскольку, как было установлено, основные источники загрязнения расположены выше прудов, главным объектом исследования стал водосбор речной части водной системы. В ходе исследования решались следующие задачи:

- анализ современной структуры водосбора р. Новой;
- проведение гидрологических, гидрохимических и геохимических исследований в гидрографической сети р. Новой;
- выявление источников загрязнения р. Новой;
- оценка соответствия характеристик р. Новой требованиям, предъявляемым к объектам рыбохозяйственного значения;
- разработка рекомендаций по улучшению экологического состояния р. Новой.

Согласно общедоступной информации, «Новая — река в Кировском районе Санкт-Петербурга. Начинается южнее Балтийской линии Октябрьской железной дороги и заканчивается в районе усадьбы Александрино. На территории жилого массива Ульянки река превращена в цепь прудов, разделенных подземными трубами-водоводами» (<https://ru.wikipedia.org/wiki>). Однако так было не всегда. Первоначально (до строительства аэропорта Пулково) река брала начало у Дудергофских высот из болотистой местности недалеко от Волхонского шоссе и длина ее до впадения в Финский залив составляла около 20 км. При строительстве аэропорта сток с верхней части водосбора р. Новой был отведен в р. Дудергофку через Нагорный канал и Дудергофский ручей, после чего название «река Новая» сохранилось для небольшой полевой части водосбора (от аэропорта до линии железной дороги) и нижерасположенной системы прудов общей протяженностью около 5 км. Современная схема гидрографической сети изучаемого района представлена на рис. 1.

После отведения стока с верховий р. Новой (площадью около 5500 га) в р. Дудергофку при строительстве аэропорта Пулково нижняя часть водной системы,

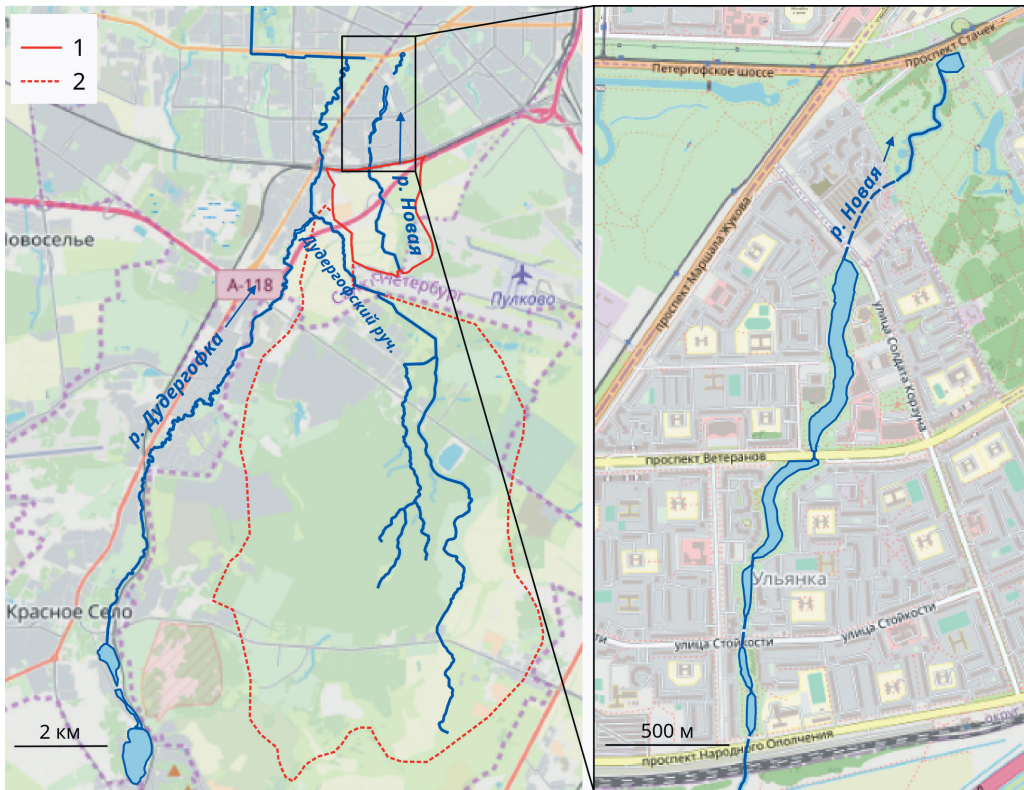


Рис. 1. Схема водосборной территории р. Новой (слева) и система прудов в пределах городской застройки (справа).

1 — полевая часть водосбора в современных условиях, 2 — отсеченная часть водосбора.

Fig. 1. The scheme of the river Novaya catchment (left part) and a system of ponds within urban areas (right part).

1 – the field part of the catchment in modern conditions, 2 – the cut off part of the catchment.

включающая дренажную систему сельскохозяйственной территории (426 га) и шесть последовательно соединенных прудов на территории городской застройки, лишилась грунтового питания. Русло выработано течением реки до переброски ее стока в р. Дудергофку. Вместо устья — трубопровод, принимающий различные стоки и соединяющий пруд усадьбы Александрино с Дудергофским каналом. В соответствии с существующими определениями «реки» перечисленные факты (отсутствие грунтового питания, истока и др.) не позволяют классифицировать рассматриваемую водную систему как реку. Таким образом, в настоящее время питание водной системы происходит за счет дренажного стока с сельскохозяйственных полей, а также ливневого и талого стока с городской территории, не попавшего в канализационную сеть ГУП Водоканал СПб.

Методика и результаты исследований экологического состояния

Для выявления характера экологических проблем, вызванных загрязнением и/или эвтрофированием, источников поступления загрязняющих и биогенных веществ, оценки степени экологического неблагополучия водной системы и определения возможных путей ее оздоровления осенью 2019 г. были выполнены натурные исследования, включавшие рекогносцировочное визуальное обследование территории (начало сентября) и четыре съемки, в ходе которых производились гидрологические измерения и отбор проб. При этом основное внимание уделялось верхней полевой части водосбора р. Новой как основного источника поступления загрязнений в пруды на территории жилой застройки.

В состав полевых работ были включены гидрологические, гидрохимические и геохимические исследования. Намеченные пункты наблюдения (19 станций) (рис. 2) располагались на всех впадающих в русло реки водотоках (дренажных канавах, нанесенных на общедоступные карты, и Сбросном канале аэропорта), в самом русле р. Новой и на Дудергофском ручье, протекающем параллельно р. Новой восточнее ее водосбора (ст. В19). Работы на Дудергофском ручье, не принадлежащем водосбору р. Новой, были включены в программу исследований, поскольку на основании изучения картографического материала и результатов рекогносцировочного обследования возникла идея, согласно которой, одним из путей улучшения экологического состояния р. Новой может быть увеличение ее проточности, что могло бы быть осуществлено за счет переброски части стока Дудергофского ручья.

Полевые работы были выполнены при различных погодных условиях, которые в значительной степени определили показатели стока, поступление химических веществ с водосбора и качество воды в р. Новой:

— в период длительного (более месяца) отсутствия дождей («сухой» период, 25 сентября 2019 г.);

— в начале периода ежедневного выпадения атмосферных осадков (15 октября 2019 г. гидрохимические исследования на четырех станциях и 18 октября 2019 г. гидрологические, гидрохимические и геохимические исследования в полном объеме);

— в условиях длительного дождливого периода (30 октября 2019 г.).

Для инструментального измерения расходов воды методом «скорость — площадь» использовался измеритель скорости потока ИСП-1М. В случае невозможности инструментального измерения скорость течения оценивалась с помощью поверхностных поплавков.

В ходе гидрохимических исследований определялись значения водородного показателя, удельной электропроводности, характер и интенсивность запаха, показатели органического вещества (ОВ) (цветность, биохимическое потребление кислорода в течение пяти суток (БПК₅), химическое потребление кислорода (ХПК)), концентрации главных ионов, растворенных газов (O₂ и CO₂), взвесей, главных биогенных элементов — фосфора и азота (валовое содержание и концентрации неорганических форм), нефтепродуктов, фенолов, приоритетных ОЗВ, поступавших ранее с территории аэропорта (этиленгликоля, этанола, изопропилового спирта, бутилового спирта, ацетона). Геохимические исследования включали анализ

элементного состава донных отложений, а также определение содержания вышеперечисленных ОЗВ в донных отложениях водной системы и почвах водосбора.

Химические анализы выполнялись в Эколого-аналитической лаборатории (ЭАЛ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ) (аттестат аккредитации № RA.RU.21АП47 выдан Федеральной службой по аккредитации 22.03.2017) и Химико-аналитическом центре «Арбитраж» Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001 510650 выдан 10.11.2015). Количественный анализ ОВЗ выполнялся хроматографическим методом на газовом

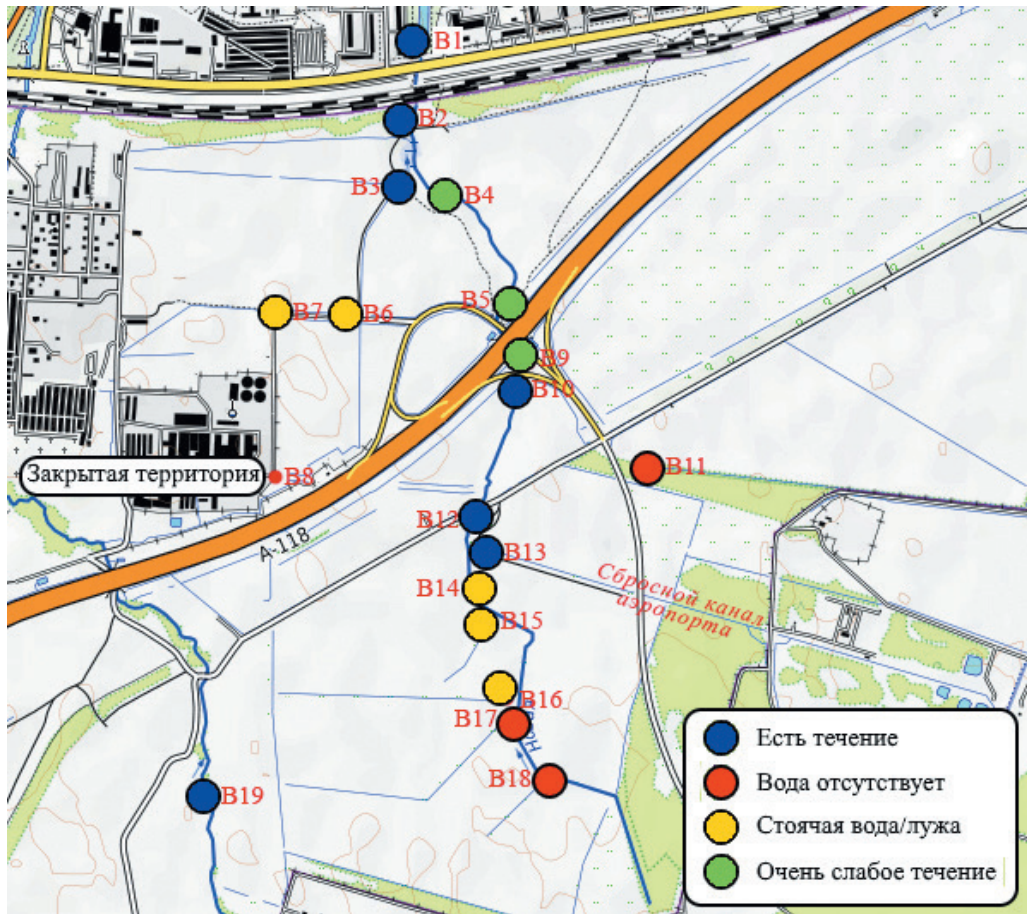


Рис. 2. Схема расположения пунктов наблюдения и качественная характеристика гидрологической ситуации в сентябре — октябре 2019 г.

Fig. 2. The location of observation points and qualitative characteristic of hydrological situation in September — October 2019.

хроматографе Master GC фирмы «DANI Instruments S.p.A.», элементный состав донных отложений и почв — методом рентгено-флуоресцентной спектроскопии на рентгено-флуоресцентном энергодисперсионном спектрометре EDX-800P фирмы Shimadzu (Япония). Анализы выполнялись в соответствии с нормативными документами.

В результате гидрологических исследований было установлено, что как в относительно «сухой» период, так и при интенсивных атмосферных осадках сток в верхних частях дренажной системы (до впадения Сбросного канала аэропорта в старое речное русло) отсутствовал. Можно предположить, что дренажные каналы на этом участке водосбора, судя по наличию в них высшей водной растительности (рогоза, тростника и т. п.), периодически наполняются водой. Очевидно, это происходит весной во время снеготаяния и, возможно, в условиях дождливого лета. Основные притоки реки после выпадения осадков — это Сбросной канал аэропорта, каналы, идущие вдоль трассы А118 (КАД), и дренажная канава (ст. В3), идущая вдоль железной дороги (см. рис. 2).

Определенный вклад в речной сток оказывают стоки с животноводческого предприятия ЗАО «Предпортовый», расположенного в пределах верхней полевой части водосбора между КАД и железной дорогой в деревне Старо-Паново и примыкающего с запада к дороге между пунктами наблюдения В7 и В8, однако во время продолжительного «сухого» периода они не действовали (в канавах стояли отдельные лужи). При этом сток с отрезанных верховий водосбора р. Новой, перенаправленный через Дудергофский ручей в р. Дудергофку, происходил достаточно интенсивно. В период наблюдений здесь (ст. В19) отмечалось течение с расходом 800—1200 л/с, что существенно выше расхода воды (46—53 л/с) в современном русле р. Новой при впадении в пруд (ст. В1) на территории жилой застройки даже после выпадения интенсивных осадков.

В результате гидрохимических исследований установлено, что для водной системы р. Новой характерны очень высокие значения концентрации главных биогенных элементов — фосфора и азота. Основная причина этого заключается в сельскохозяйственной деятельности животноводческого предприятия ЗАО «Предпортовый», осуществляющего сброс сточных вод в дренажную систему на водосборе р. Новой (ст. В3, В6 и В7), а также вывозящего навоз на сельскохозяйственные поля, непосредственно примыкающие к руслу реки.

Как видно из рис. 3 а и б, в воде р. Новой наибольшие значения концентрации валового фосфора ($P_{\text{вал}}$) и валового азота ($N_{\text{вал}}$) были отмечены в верховье (ст. В14 и В15) и в нижней части речного русла (ст. В2), а также в пруду № 1 (ст. В1). При этом максимум концентрации $P_{\text{вал}}$ наблюдался в начале дождливого периода (в конце второй декады октября), а максимум концентрации $N_{\text{вал}}$ — в «сухой» период (в конце сентября). В дренажных канавах вблизи ЗАО «Предпортовый» отмечены чрезвычайно высокие концентрации $P_{\text{вал}}$ (до 11,3 мг Р/л) и $N_{\text{вал}}$ (до 64,88 мг N/л), максимум которых пришелся на «сухой» период. При разбавлении этих стоков дождевыми водами содержание биогенных элементов в них снижается, однако в канавах появляется течение и сточные воды по дренажной системе попадают в р. Новую, что крайне пагубно отражается на ее экологическом

состоянии. Согласно общепринятой шкале трофических типов водоемов [3—5], содержание общего фосфора (понятие «общий фосфор» в мировой литературе соответствует понятию «валовый фосфор» в терминологии Гидрометслужбы РФ) выше 0,1 мг Р/л соответствует гиперэвтрофному типу. Как правило, концентрация фосфора в природных водах даже в условиях эвтрофирования не превосходит 1 мг Р/л, а концентрация азота — 10 мг N/л. На отдельных участках исследуемой водной системы содержание фосфора и азота столь высоко, что следует говорить уже не об антропогенном эвтрофировании, а о биогенном загрязнении объекта.

Отмечена высокая загруженность водной системы органическим веществом (по ХПК), в том числе легко окисляемым (по БПК₅). Как видно из рис. 3 в и г, максимальные значения показателей ОВ относятся к «застойным» водам верхней

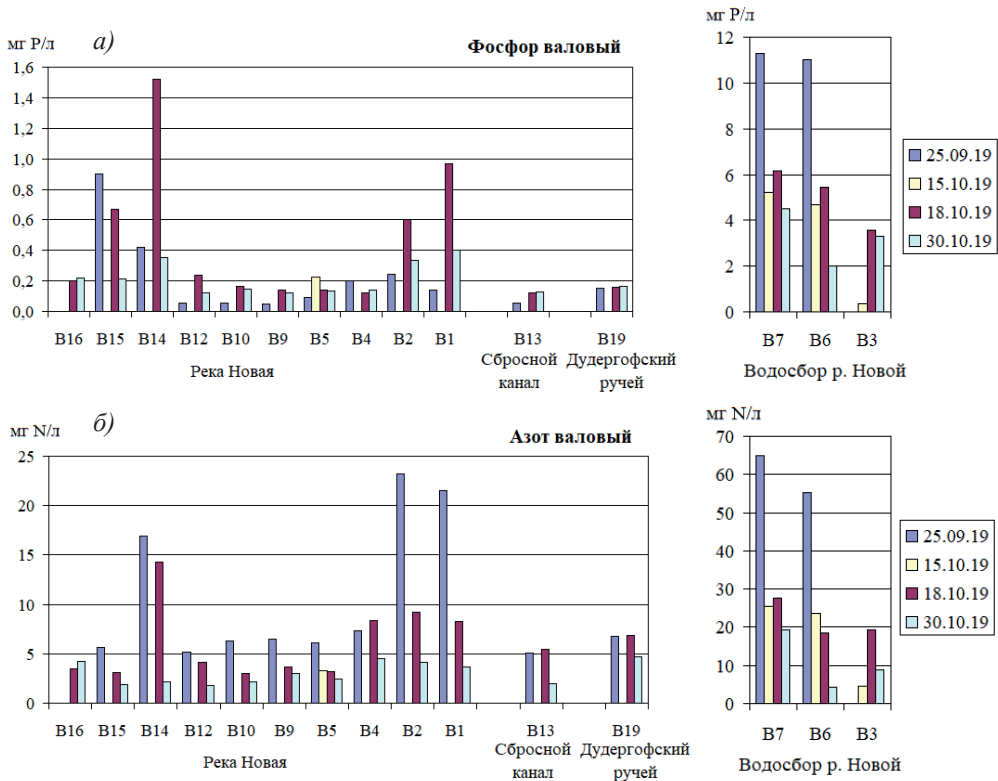


Рис. 3 (начало). Динамика содержания биогенных элементов и показателей органического вещества в поверхностных водах исследуемой территории по данным, полученным в 2019 г.

а — валовый фосфор, б — валовый азот.

Fig. 3. The dynamics of nutrients and of organic matter indicators in the surface waters of the study area according to data obtained in 2019.

а — total phosphorus, б — total nitrogen.

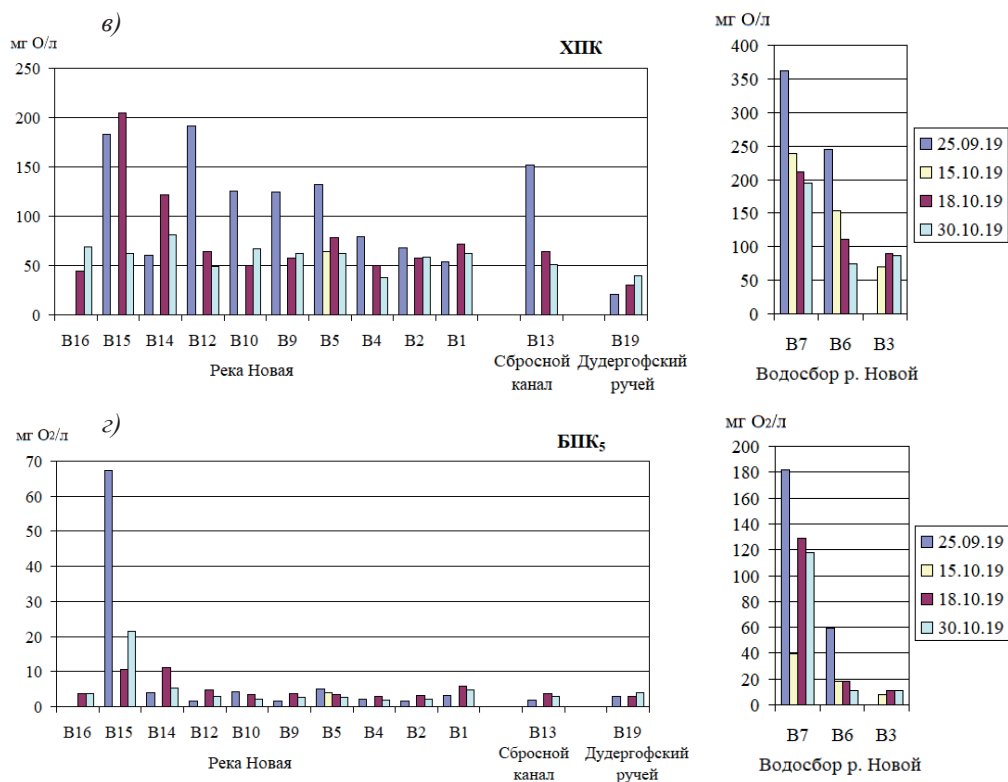


Рис. 3 (окончание). Динамика содержания биогенных элементов и показателей органического вещества в поверхностных водах исследуемой территории по данным, полученным в 2019 г.

в — ХПК, з — БПК₅.

Fig. 3. The dynamics of nutrients and of organic matter indicators in the surface waters of the study area according to data obtained in 2019.

в — COD, з — BOD₅.

части речного русла и канавам вблизи ЗАО «Предпортовый». В обоих случаях основным источником органического вещества в воде является поступающий сюда навоз. В целом пространственному распределению показателей ОВ свойственна та же закономерность, что и распределению биогенных элементов. Для большей части водной системы характерна крайне низкая степень аэрации водной массы, что существенно снижает скорость протекания деструкционных процессов. Наиболее катастрофическая ситуация сложилась в дренажных канавах вблизи животноводческого предприятия (ст. В6 и В7), где периодически отмечалось полное отсутствие кислорода.

В ходе ежедневных визуальных наблюдений, проводившихся в районе между КАД и железной дорогой, а также в районе прудов на территории жилой застройки,

на поверхности воды периодически фиксировались белесые пузырящиеся пленки. Выяснилось, что трансфер пленок связан с деятельностью ЗАО «Предпортовый» и объясняется периодической промывкой доильных залов предприятия. Отходы промывки по сточным канавам поступают в болотистую пойму р. Новой у железной дороги, а затем попадают в пруды. При этом следует заметить, что не удалось зафиксировать моменты непосредственных сбросов, которые, возможно, производятся в ночное время. Однако в данном случае молоко, смешанное с навозом, является трассером, показывающим пути распространения сбросов сточных вод от животноводческого предприятия до рассматриваемой водной системы, а также индикатором наличия таких сбросов.

Для всей водной системы характерно постоянное превышение нормативов по содержанию нефтепродуктов ($1,1\text{—}22 \text{ ПДК}_{\text{вр}}$) и фенолов ($2\text{—}1070 \text{ ПДК}_{\text{вр}}$), основной причиной которого является движение автотранспорта как по автомагистралям, пересекающим водосборную территорию, так и по сельхозугодиям. Очевидно, в данном случае фенолы на водосборе имеют в основном вторичное происхождение, являясь промежуточным продуктом распада нефтепродуктов [6].

По большинству гидрохимических показателей качество воды в Дудергофском ручье заметно выше, чем в р. Новой. В отличие от р. Новой в Дудергофском ручье благодаря интенсивному течению и наличию грунтового питания качество воды меньше зависит от погодных условий, в частности отсутствия или наличия атмосферных осадков.

Загрязнения воды и донных отложений изучаемой водной системы, а также почв водосбора приоритетными органическими загрязняющими веществами, в том числе этиленгликолем, этанолом, изопропиловым спиртом, бутиловым спиртом и ацетоном, поступавшими ранее в водную систему с территории аэропорта Пулково, не выявлено. Концентрация вышеперечисленных веществ практически во всех проанализированных пробах была ниже предела чувствительности аналитического определения. Таким образом, показано отсутствие накопления ОЗВ в донных отложениях и почвах, которое потенциально могло бы привести к вторичному загрязнению водной системы. В элементном составе донных отложений отмечено повышенное относительно регионального норматива содержание цинка в районе КАД [7] и меди вблизи железнодорожных путей.

По результатам натурных исследований можно заключить, что наиболее загрязненным является участок дренажной системы вблизи животноводческого предприятия ЗАО «Предпортовый». Экстремально высокие концентрации биогенных и органических веществ характерны также для вод верхней части водосбора в виде застойных луж, которые образуются в старом русле при длительном отсутствии атмосферных осадков. В соответствии с критериями оценки степени химического загрязнения поверхностных вод, изложенными в документе «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», утвержденном Минприроды РФ 30 ноября 1992 г., экологическая ситуация на водной системе р. Новой оценена как чрезвычайная, а на некоторых ее участках по ряду параметров — как зона экологического бедствия.

Для анализа влияния сельскохозяйственной деятельности в границах водосбора исследуемой водной системы на биогенное загрязнение водных объектов был выполнен расчет среднегодового выноса азота и фосфора с сельскохозяйственных угодий ЗАО «Предпортовый», расположенных на водосборе р. Новой. Для этого использовалась методика, разработанная в Институте инженерных и агроэкологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), которая позволяет рассчитывать среднегодовой биогенной вынос с сельскохозяйственных территорий как в существующих условиях, так и после внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) ведения сельскохозяйственного производства [8—12]. НДТ представляют собой комплекс мероприятий, связанных со снижением биогенной нагрузки на сельскохозяйственные территории, и включают технологии переработки и хранения навоза и помета животноводческих комплексов и птицефабрик, технологии внесения органических и минеральных удобрений с учетом агротехнических требований. Эмиссия азота и фосфора в стекающие дождевые и талые воды рассчитывалась в зависимости от площади сельскохозяйственных угодий, на которых осуществляется хозяйственная деятельность и которые имеют привязку к водотокам [10, 11, 13]. Рассматривались два источника азота и фосфора — почва и удобрения (минеральные и органические).

В соответствии с разработанной методикой в расчетах биогенной нагрузки учитывались следующие факторы, влияющие на вынос азота и фосфора в водные объекты:

- содержание азота и фосфора в почве, вклад их выноса в общее содержание в почве;
- количество азота и фосфора в составе минеральных удобрений и коэффициент их эмиссии;
- количество азота и фосфора в составе органических удобрений и коэффициент их эмиссии;
- удаленность контура сельскохозяйственных угодий от водных объектов;
- тип почв по происхождению и по механическому составу;
- структура сельхозугодий (соотношение площадей пашни и многолетних трав, лугов, пастбищ, залежи);
- перспективы использования НДТ.

Расчеты выполнялись для среднего многолетнего стока в северо-западном регионе России, равного 300 мм/год [14]. Результаты расчетов нагрузки валовыми формами азота и фосфора на водные объекты верхней полевой части изучаемого водосбора представлены в табл. 1

Если площадь полевой части водосбора, по оценкам, составляет 426 га ($4260\,000\text{ м}^2$), а средний многолетний слой стока для этого региона равен 300 мм/год (0,3 м/год), то объем водной массы, стекающей с этой территории и поступающий в систему прудов, составляет $1278\,000\text{ м}^3$. При этом средняя концентрация фосфора в дренажных водах, стекающих с верхней части водосбора, равна 414 мг/м^3 . Это более чем в десять раз превосходит границу перехода водной экосистемы в эвтрофное состояние и в четыре раза выше границы гиперэвтрофии [3—5].

Таблица 1

Результаты расчета нагрузки валовым азотом и фосфором
на водные объекты верхней (полевой) части водосбора р. Новой

The results of calculation of load with gross nitrogen and phosphorus
on water bodies of the upper (field) part of the watershed of river Novaya

	Современное поступление при стоке 300 мм/год	Прогнозное поступление при внедрении НДТ
N _{вал}	10096,2 кг N/год	7249,3 кг N/год
P _{вал}	529,1 кг P/год	480,7 кг P/год

Поскольку в рассматриваемой водной системе отсутствуют какие-либо поступления разбавляющих природных вод, можно сказать, что наличие животно-водческого комплекса на изучаемом водосборе гарантирует экстремально низкие показатели качества дренажных вод, питающих нижележащие пруды. Естественное предположение о том, что в период выпадения интенсивных осадков происходит «промывка» системы и временное улучшение качества воды, подтверждено данными натурных наблюдений, проведенных в рамках данного исследования. Вероятно, «промывка» системы происходит также в период снеготаяния. При этом на начальном этапе «промывки» отмечается резкое увеличение содержания в воде фосфора и нефтепродуктов за счет интенсивного их поступления со склоновым стоком.

Таким образом, основная экологическая проблема водной системы р. Новой в настоящее время — это биогенное и органическое загрязнение. Основной причиной является интенсивная сельскохозяйственная деятельность на водосборе. В результате огромное количество биогенных и органических веществ поступает в гидрографическую сеть, функционирующую в условиях низкой проточности, что усугубляет развитие негативных процессов в экосистеме. По большинству гидрохимических показателей качество воды в Сбросном канале в настоящее время выше, чем в р. Новой, и схоже с таковым в Дудергофском ручье.

Ежедневные визуальные наблюдения на городской части водной системы р. Новой (см. рис.1) позволили выявить ряд несанкционированных источников загрязнения. К ним относятся стоки с территории гаражей, расположенных между железной дорогой и проспектом Народного Ополчения, а также многочисленные сбросы неизвестного происхождения на акваторию прудов, которые должны быть закрыты соответствующими муниципальными органами власти.

Как было отмечено выше, верхняя часть водосбора р. Новой представляет собой дренажную систему, расположенную на сельскохозяйственных угодьях, отводящую дождевой и талый сток с полей и не имеющую грунтового питания. В утвержденном Постановлении Правительства РФ от 28 февраля 2019 г. № 206 «Положении об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения» дренажные системы не упоминаются, и, следовательно, они не являются водными объектами, на которые распространяется его действие. В соответствии с данным Положением пруды могут быть отнесены

к категории водных объектов рыбохозяйственного значения только по заявлению собственника при их соответствии одному из следующих критериев:

— водный объект или часть водного объекта представляет собой место обитания, размножения, зимовки, нагула, путей миграций водных биологических ресурсов (при наличии одного из показателей);

— водный объект или часть водного объекта используется для добычи (вылова) водных биологических ресурсов;

— водный объект или часть водного объекта используется для сохранения и искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов.

Как показал анализ гидрологического режима р. Новой, если период отсутствия осадков превышает десять дней, сток в системе прекращается; при этом стоячая вода на русловых участках сохраняется только в углублениях. Естественно, что в таких условиях ни о каком нересте и нагуле рыб говорить не приходится.

Результаты исследований сезонной динамики гидрохимических показателей, выполненные ИНОЗ РАН на прудах изучаемой системы в 2011—2013 гг., показали, что даже в поверхностных слоях в период открытой воды фиксируется дефицит кислорода (ниже 10 % насыщения), а в придонных отмечается полное его отсутствие и образование токсического газа — сероводорода, что неминуемо приводит к развитию заморных явлений и гибели рыбного населения. В целом качество воды водной системы р. Новой не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к объектам рыбохозяйственного значения в соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 г.), по ряду важнейших показателей: состоянию водной поверхности, содержанию растворенного кислорода, значению биохимического потребления кислорода и концентрации ионов аммония NH_4^+ .

Кроме того, мелководные пруды в зимний период могут промерзать до дна, как, например, это было зафиксировано ИНОЗ РАН в марте 2012 г. на пруду № 2, что также препятствует жизнедеятельности рыбного населения, а конструкция водослива из пятого пруда в подземный коллектор исключает миграцию рыб между верхними и нижними частями водной системы. Едва ли может происходить нерест и нагул рыб и в коллекторной сети, соединяющей р. Новую с Дудергофским каналом.

Основные рекомендации по улучшению экологического состояния

На основе анализа результатов, полученных в ходе выполнения настоящей работы, сформулированы следующие рекомендации по улучшению экологического состояния р. Новой.

Оптимизация сельскохозяйственного производства за счет внедрения предприятием КРС ЗАО «Предпортовый» наилучших доступных технологий ведения сельского хозяйства. Как показали расчеты в результате внедрения НДТ биогенная нагрузка на верхнюю сельскохозяйственную часть изучаемой водной системы может снизиться на 48,4 кг P/год и 2847 кг N/год.

Удаление из водной системы биогенных и загрязняющих веществ за счет осеннего выкашивания макрофитов на участке «реки» от КАД до железной дороги, где расположена болотистая пойма, заросшая камышом и другой высшей водной растительностью. Таким образом, вещества, аккумулированные в растительной массе за период вегетации, выводятся из их круговорота в водной экосистеме. Корневая система растений при этом должна быть сохранена. В настоящее время указанный метод оздоровления водных объектов используется на городских водоемах.

Организация прибрежной защитной полосы (в соответствии с Водным кодексом РФ, Статья 65 Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы), препятствующей попаданию загрязнений с водосбора непосредственно в рассматриваемый водный объект, что особенно актуально для верховий водосбора, расположенных среди сельскохозяйственных угодий. Одним из основных источников загрязнения в этой части водосбора является большое количество навоза непосредственно на берегах так называемой реки Новой. Отсутствие прибрежной защитной полосы, обязательной для водных объектов рыбохозяйственного значения, к которым официально причислена р. Новая, способствует беспрепятственному смыву навоза в водный объект дождевыми и талыми водами.

Возвращение стока с верховий водосбора реки в прежнее русло. Выявлены места возможной организации переброски стока с естественных верховий р. Новой, который в настоящее время отведен в р. Дудергофку через Дудергофский ручей. Расстояние от русла Дудергофского ручья до ближайших дрен рассматриваемой системы составляет немногим более 200 м. В результате будет обеспечена проточность водной системы и существенное улучшение характеристик качества воды за счет поступления более чистых речных вод, имеющих природное питание. В случае реализации настоящего проекта рассматриваемый водный объект снова станет рекой. Положительный экологический эффект от реализации этого проекта будет максимальным по сравнению с предыдущими, так как увеличение проточности водоема — наилучший способ его восстановления. Однако даже в случае успешной реализации проекта по переброске стока в прежнее русло р. Новой ее рыбохозяйственное значение останется под вопросом. Это связано с возможным несоответствием показателей качества воды утвержденным для водных объектов рыбохозяйственного значения нормативам, несмотря на прогнозируемое улучшение ситуации, а также с наличием оригинальной конструкции водослива из пятого пруда, сток из которого попадает в Александринский коллектор и пруд усадьбы Александрино. Следует заметить, что инженерные методы реализации этого проекта, а также оценка экологических последствий для р. Дудергофки выходят за рамки настоящей публикации.

Благодарности

Работа выполнена при финансовом обеспечении проекта «Исследования на водосборе р. Новой с целью выявления основных источников ее загрязнения и разработки рекомендаций по улучшению ее экологического состояния», а также

за счет средств федерального бюджета в рамках темы № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

Acknowledgments

This work was financially supported by the project “Research on the catchment of the river Novaya to identify the main sources of its pollution and develop recommendations for improving its ecological condition” and at the expense of the federal budget under the topic No. 0154-2019-0001 “Comprehensive assessment of the dynamics of ecosystems of Lake Ladoga and reservoirs of its basin under the influence of natural and anthropogenic factors”

Список литературы

1. Водные объекты Санкт-Петербурга / Под ред. С.А. Кондратьева и Г.Т. Фрумина. СПб: Символ, 2002. 348 с.
2. Румянцев В.А., Игнатьева Н.В. Система ранней диагностики кризисных экологических ситуаций на водоемах. СПб: ВВМ, 2006. 152 с.
3. Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 336 с.
4. Carlson R.E. A trophic state index for lakes // *Limnol. Oceanogr.* 1977. V. 22. P. 361—369.
5. Vollenweider R.A., Kerekes I. The loading concept as basis for controlling eutrophication philosophy and preliminary results of the OECD programme on eutrophication // *Progr. Wat. Technol.* 1980. V. 12. No 2. P. 5—38.
6. Каплин В.Т. Превращение органических соединений в водоемах // *Гидрохим. материалы*. Л.: Гидрометеиздат, 1967. Т. 45. С. 201—226.
7. Пишенин В.Н. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // *Труды Всероссийского научно-практического семинара «Экологизация автомобильного транспорта»*. СПб: МАНЭБ, 2003. С. 83—88.
8. Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Васильев Э.В., Минакова Е.А., Терехов А.В., Обломкова Н.С. Оценка сельскохозяйственной биогенной нагрузки, сформированной на речных водосборах бассейна Куйбышевского водохранилища // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*, 2018. № 96. С. 175—186.
9. Кондратьев С.А., Шмакова М.В. Математическое моделирование массопереноса в системе водосбор — водоток — водоем. — СПб: Нестор — История, 2019. 246 с.
10. 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 РГГМУ*. 2018. № 51. С. 109—120.
11. Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Обломкова Н.С., Огуздин А.С., Субботин И.А. Методика определения биогенной нагрузки сельскохозяйственного производства на водные объекты // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*, 2016. № 89. С.175 — 183.
12. Поздняков Ш.Р., Кондратьев С.А., Тарбаева В.М., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю., Воробьева Е.А., Обломкова Н.С. Научное обоснование выполнения рекомендаций ХЕЛКОМ по снижению биогенной нагрузки на Финский залив со стороны России // *Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*, 2016. Вып.4. С. 53—65.
13. Брюханов А.Ю. Методы проектирования и критерии оценки технологий утилизации навоза, помета, обеспечивающие экологическую безопасность / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб, 2016. 39 с.
14. Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952. 287 с.

References

1. *Vodnyye ob'ekty Sankt-Peterburga*. Water bodies of St. Petersburg. St. Petersburg: Publishing House Symbol. 2002: 348 p. [In Russian].
2. *Rumyantsev V.A., Ignatieva N.V. Sistema ranney diagnostiki krizisnykh ekologicheskikh situatsiy na vodoyemakh*. System for early diagnosis of environmental crisis situations in water bodies. St. Petersburg: VVM, 2006: 152 p. [In Russian].
3. *Henderson-Sellers B.* Engineering Limnology. Boston, London, Melbourne: Pitman Advanced Publishing Program, 1984: 336 p.
4. *Carlson R.E.* A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 1977. 22: 361—369.
5. *Vollenweider R.A., Kerekes I.* The loading concept as basis for controlling eutrophication philosophy and preliminary results of the OECD programme on eutrophication. *Progress in Water Technology.* 1980, 12 (2): 5—38.
6. *Kaplin V.T.* The conversion of organic compounds in water bodies. *Gidrokhimicheskiye materialy*. Hydrochemical materials. 1967, 45: 201—226. [In Russian].
7. *Pshenin V.N.* Actual issues of assessing soil pollution near highways. *Aktual'nyye voprosy otsenki zagryazneniya pochvennogo pokrova vblizi avtomagistralei*. Transactions of the All-Russian Scientific and Practical Seminar "Ecologization of Road Transport". 2003: 83—88. [In Russian].
8. *Bryukhanov A.Yu., Kondratiev S.A., Vasiliev E.V., Minakova E.A., Terekhov A.V., Oblomkova N.S.* Assessment of agricultural nutrient load formed on river catchments of the Kuibyshev reservoir. *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2018, 96: 175—186. [In Russian].
9. *Kondratiev S.A., Shmakova M.V.* *Matematicheskoye modelirovaniye massoperenosa v sisteme vodosbor — vodotok — vodoyem*. Mathematical modeling of mass transfer in the catchment-watercourse-pond system. St. Petersburg: Nestor - History, 2019: 246 p. [In Russian].
10. *Kondratiev S.A., Shmakova M.V., Bryukhanov A.Yu., Viktorova N.V., Ershova A.A., Oblomkova N.S.* On the assessment of nutrient runoff into the Gulf of Finland of the Baltic Sea. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2018, 51: 109—120. [In Russian].
11. *Bryukhanov A.Yu., Kondratiev S.A., Oblomkova N.S., Oguzdin A.S., Subbotin I.A.* Methodology for determining the biogenic load of agricultural production on water bodies. *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2016, 89: 175—183. [In Russian].
12. *Pozdnyakov Sh.R., Kondratyev S.A., Tarbaeva V.M., Shmakova M.V., Bryukhanov A.Yu., Vorobyova E.A., Oblomkova N.S.* The scientific rationale for the implementation of the HELCOM recommendations to reduce the nutrient load on the Gulf of Finland from Russia. *Bulletin of St. Petersburg State University. Series 7. Geology. Geography. Vestnik SPbGU. Seriya 7. Geologiya. Geografiya*. 2016, 4: 53-65. [In Russian].
13. *Bryukhanov A.Yu.* *Metody proyektirovaniya i kriterii otsenki tekhnologiy utilizatsii navoza, pometa, obespechivayushchiye ekologicheskuyu bezopasnost'*. Design methods and evaluation criteria for technologies for the disposal of manure, litter, ensuring environmental safety: Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. St. Petersburg, 2016: 39 p. [In Russian].
14. *Sokolov A.A.* *Gidrografiya SSSR*. Hydrography of the USSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1952: 287 p. [In Russian]

Статья поступила 27.03.2020

Принята после доработки к публикации 13.05.2020

Сведения об авторах

Кондратьев Сергей Алексеевич, д-р физ.-мат. наук, Институт озерадения РАН, заведующий лабораторией математических методов моделирования, kondratyev@limno.org.ru

Брюханов Александр Юрьевич, д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, sznii@yandex.ru

Игнатьева Наталья Викторовна, канд. геогр. наук, Институт озераведения РАН, заведующий лабораторией гидрохимии, natali_ignatieva@mail.ru

Лапенков Артем Евгеньевич, Институт озераведения РАН, лаборатория географии и гидрологии, инженер, lake@limno.org.ru

Расулова Анна Мурадовна, канд. физ.-мат. наук, Институт озераведения РАН, лаборатория математических методов моделирования, младший научный сотрудник, arasulova@gmail.com

Терехов Антон Викторович, Институт озераведения РАН, лаборатория географии и гидрологии, младший научный сотрудник, terextepex@gmail.com

Обломкова Наталья Сергеевна, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, научный сотрудник, oblomkovan@gmail.com

Information about authors

Kondratiev Sergey Alekseevich, Grand PhD (Phys. and Math. Sci.), Institute of Limnology of RAS, Head of the Laboratory of Mathematical Methods of Modeling, kondratyev@limno.org.ru

Bryukhanov Alexander Yuryevich, Grand PhD (Tech. Sci.), Corresponding Member of RAS, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, sznii@yandex.ru

Ignatieva Natalya Viktorovna, PhD (Geogr. Sci.), Institute of Limnology of RAS, Head of the Laboratory of Hydrochemistry, natali_ignatieva@mail.ru

Lapenkov Artem Evgenievich, Institute of limnology of RAS, Laboratory of Geography and Hydrology, engineer, lake@limno.org.ru

Rasulova Anna Muradovna, PhD (Phys. and Math. Sci.), Institute of Limnology of RAS, Laboratory of Mathematical Methods of Modeling, Junior Researcher, arasulova@gmail.com

Terekhov Anton Viktorovich, Institute of Limnology of RAS, Laboratory of Geography and Hydrology, Junior Researcher, terextepex@gmail.com

Oblomkova Natalya Sergeyevna, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production — Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Researcher, oblomkovan@gmail.com