

УДК [556.16:556.535.8](261.243)

К ОЦЕНКЕ БИОГЕННОГО СТОКА В ФИНСКИЙ ЗАЛИВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

*С.А. Кондратьев¹, М.В. Шмакова¹, А.Ю. Брюханов²,
Н.В. Викторова³, А.А. Ершова³, Н.С. Обломкова²*

¹ Институт озераведения Российской академии наук, 3718470@gmail.com

² Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства

³ Российский государственный гидрометеорологический университет

С использованием методов математического моделирования выполнена оценка выноса азота и фосфора с основных частей российской территории бассейна Финского залива. Объектами исследования являлись контролируемые и неконтролируемые водосборы притоков залива, водосборы озер Ладожского, Онежского, Ильмень и Чудско-Псковского. Показано, что наибольшее значение выноса биогенных веществ (по абсолютной величине) приходится на частный водосбор Ладожского озера, а наибольшие относительные значения выноса (модуль выноса) характерны для контролируемых и неконтролируемых речных водосборов, формирующих нагрузку непосредственно на Финский залив.

Ключевые слова: сток, биогенная нагрузка, модуль выноса, водосбор, Финский залив.

TO THE EVALUATION OF NUTRIENT REMOVAL TO THE GULF OF FINLAND OF THE BALTIC SEA

*S.A. Kondratyev¹, M.V. Shmakova¹, A.Yu. Bryukhanov²,
N.V. Viktorova³, A.A. Ershova³, N.S. Oblomkova²*

¹ Institute of Limnology of Russian Academy of Sciences

² Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems

³ Russian State Hydrometeorological University

The assessment of nitrogen and phosphorus removal from the main parts of the Russian territory of the Gulf of Finland basin is carried out using the methods of mathematical modeling. The objects under investigation are the monitored and unmonitored catchments of the Gulf tributaries, and the catchments of Lakes Ladoga, Onega, Ilmen and Chudsko-Pskovskoye. The largest nutrient removal (in absolute value) occurs in the immediate catchment of Lake Ladoga. The largest specific removal (per unit area) is typical for monitored and unmonitored river catchments that form the direct nutrient load to the Gulf of Finland.

Keywords: runoff, nutrient load, specific removal, catchment, Gulf of Finland.

Введение

Финский залив — одна из наиболее загрязненных акваторий Балтийского моря [9]. В ноябре 2007 г. на сессии Хельсинкской комиссии (ХЕЛКОМ) принят План действий по Балтийскому морю (ПДБМ) [11], который должен представлять собой долговременную стратегию оздоровления Балтийского моря и отдельных

его акваторий. Одно из важнейших направлений ПДБМ — разработка мероприятий по снижению поступления в морскую экосистему общего фосфора $P_{\text{общ}}$ и общего азота $N_{\text{общ}}$, приводящих к нежелательному эвтрофированию.

В 2013 г. рекомендации по сокращению биогенной нагрузки были пересмотрены [12]. Для ряда стран, в том числе и для России, это повлекло ужесточение требований по сокращению поступления биогенных веществ (квот на снижение биогенной нагрузки по терминологии ХЕЛКОМ). В результате в настоящее время России рекомендовано снизить водную биогенную нагрузку на Финский залив на 7683 т/год по общему азоту и на 3227 т/год по общему фосфору относительно референтного уровня за 1997—2003 гг. [12]. Особенно актуально это для расположенного в устье залива мегаполиса Санкт-Петербурга, поскольку заметно сказывается на рекреационной привлекательности его береговой зоны [7].

Биогенная нагрузка, сформированная на водосборе, может быть оценена двумя способами — путем расчета поступления биогенных веществ с притоками озера по данным мониторинга и путем расчета внешней биогенной нагрузки с использованием методов математического моделирования. По мере развала системы отечественного государственного мониторинга водных объектов и установления баснословной стоимости имеющихся скудных данных измерений, востребованность методов математического моделирования при решении задачи оценки нагрузки на водные объекты существенно возросла [2].

Целью настоящего исследования является количественная оценка выноса $P_{\text{общ}}$ и $N_{\text{общ}}$ с основных частей российского водосбора Финского залива Балтийского моря. Объектами исследования являются бассейны озер Ладожского, Онежского, Ильмень, Чудско-Псковского, реки Луга, рек северо-восточного и юго-восточного побережья Финского залива, а также частные водосборы рек Невы и Нарвы (рис. 1).

Большая часть Российской территории водосборов Балтийского моря расположена на водосборах крупных озер и заливов, которые являются геохимическими барьерами на пути миграции биогенных веществ с верхних частей водосбора до морской акватории. К их числу относятся озера Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское, Ильмень на водосборе Финского залива. За счет значительной удерживающей способности перечисленные водные объекты существенно снижают воздействие на Балтику биогенной нагрузки, сформировавшейся на их водосборах. Соответственно, эффективность любых мероприятий на водосборах перечисленных озер и заливов, связанных с увеличением и снижением нагрузки, по отношению к Балтике снижается пропорционально коэффициенту удержания биогенного вещества в водоеме, являющемся геохимическим барьером. Поэтому первостепенный интерес при решении задачи, связанной с оценкой биогенной нагрузки на Балтику, представляют территории, сток и вынос с которых попадает напрямую в морскую акваторию и не перехватывается многочисленными крупными озерами, расположенными на изучаемой территории. Это не контролируемые системой государственного мониторинга водосборы малых притоков северо-восточного и юго-восточного побережья Финского залива, водосборы

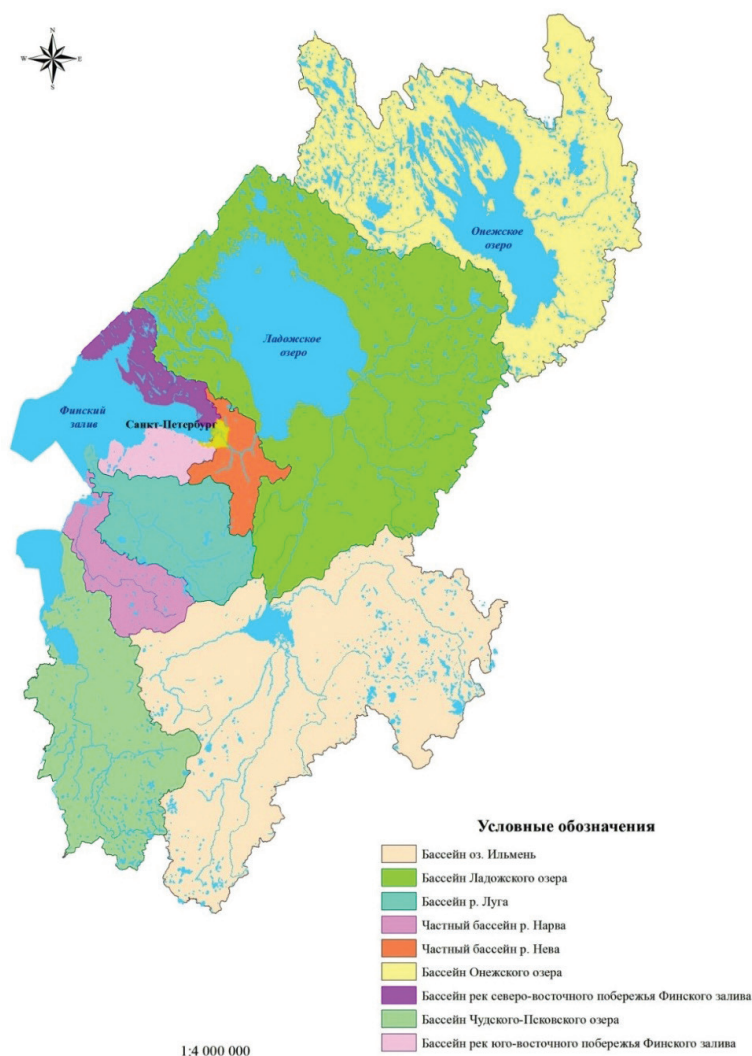


Рис. 1. Расположение водосборов российской части водосбора Финского залива, для которых выполнялась оценка биогенного стока.

контролируемых притоков Финского залива, к числу которых относятся частные водосборы рек Невы и Нарвы (Российская часть), а также водосбор реки Луги.

Расчеты выноса биогенных веществ с изучаемых водосборов выполнялись с использованием математической модели, разработанной на основе отечественного и зарубежного опыта моделирования выноса азота и фосфора с водосборных территорий, поступления биогенных веществ в водоемы [3—6], а также рекомендаций ХЕЛКОМ по оценке нагрузки на водные объекты бассейна Балтийского моря [10]. Основой разработки являются модель формирования биогенной

нагрузки на водные объекты *ILLM* (*Institute of Limnology Load Model*) [3], разработанная в Институте озераведения РАН и модифицированная в соответствии с требованиями решаемой задачи, а также метод оценки биогенной нагрузки, сформированной сельхозпредприятиями, предложенный специалистами Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства [1, 8].

Нагрузка $P_{\text{общ}}$ и $N_{\text{общ}}$ (в нефilterованной воде) на водоем-водоприемник со стороны водосбора рассчитывается как сумма биогенной нагрузки на гидрографическую сеть водосбора, сформированную сельхозпредприятиями, нагрузки от естественных и антропогенных (измененных) ландшафтов, не подвергающихся в настоящее время сельскохозяйственному воздействию, а также нагрузке, сформированной за счет атмосферных выпадений на поверхность водосбора. Кроме того, в формировании нагрузки принимают участие точечные источники загрязнения, сбрасывающие сточные воды в гидрографическую сеть водосбора и непосредственно в водоем-водоприемник.

Биогенный сток с неконтролируемых территорий бассейна Финского залива

В настоящее время в связи с существенным сокращением числа пунктов наблюдений Росгидромета неконтролируемыми территориями являются северо-восточное и юго-восточное побережье Финского залива. На указанной площади регулярные наблюдения за стоком и содержанием химических веществ в воде ведутся только в приграничном створе реки Селезневки с целью контроля загрязнений, поступающих с территории Финляндии. Вклад России в нагрузку на Финский залив не контролируется. Из-за отсутствия данных мониторинга по этой территории и результатов каких-либо других работ, связанных с натурным изучением формирования биогенной нагрузки, единственным способом получить количественную оценку поступления азота и фосфора в Финский залив с прибрежных водосборных территорий является математическое моделирование.

Северо-восточное неконтролируемое побережье простирается от границы с Финляндией до г. Санкт-Петербурга. Протяженность района с северо-запада на юго-восток составляет около 132 км, общая водосборная площадь водотоков, впадающих в Финский залив, — 5258 км². Район юго-восточного побережья простирается от г. Санкт-Петербурга до устья реки Луги. Протяженность района с востока на запад составляет около 118 км, общая водосборная площадь водотоков, впадающих в Финский залив, — 3903 км². Значения площадей различных типов подстилающей поверхности водосбора, необходимые для расчета нагрузки, сформированной на неконтролируемых водосборах Финского залива, приведены на рис. 2.

Результаты расчетов по методу ИАЭП [1, 8] биогенной нагрузки на неконтролируемые водосборы, сформированной сельскохозяйственными предприятиями, содержатся в табл. 1. Результаты итогового расчета биогенной нагрузки на Финский залив с неконтролируемого российского водосбора приведены в табл. 2.

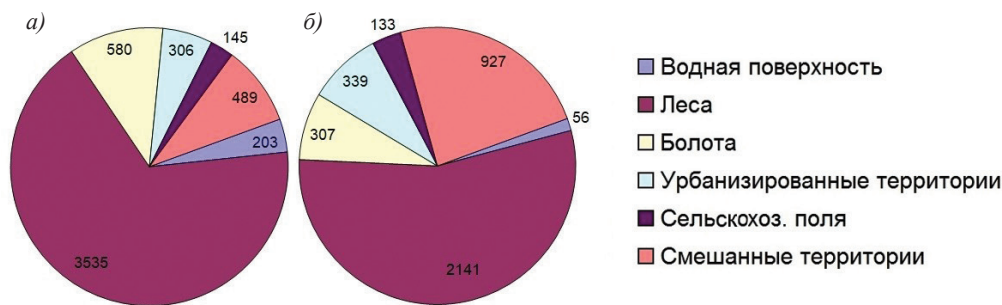


Рис. 2. Площадь (км²) различных структур подстилающей поверхности неконтролируемой части российского водосбора Финского залива.
а — северо-восточное побережье, б — юго-восточное побережье.

Таблица 1

Нагрузка, сформированная на полях сельхозпредприятий неконтролируемого водосбора Финского залива

Часть водосбора Финского залива	Площадь удобряемых угодий, га	N, т/год	P, т/год
Юго-восточное побережье	13249	275,43	21,32
Северо-восточное побережье	14468	269,03	15,52

Таблица 2

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки на Финский залив со стороны неконтролируемого Российского водосбора для года средней водности (300 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	5750,1	328,0
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	2108,6	118,4
Вынос с водосбора, т/год	3641,5	209,6
Прямой сброс, т/год	376,0	48,3
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	4017,5	257,9
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	3453,6	168,8
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	2924,7	114,6
Модуль выноса, кг/(км² · год)	438,5	28,2
Модуль фонового выноса, кг/(км² · год)	319,3	12,5

**Биогенный сток
с контролируемых притоков Финского залива**

К числу водосборов контролируемых притоков Финского залива в данном случае отнесены частный водосбор реки Невы от истока из Ладожского озера до устья, российская часть водосбора реки Нарвы от истока из Чудского озера до устья и водосбор реки Луги.

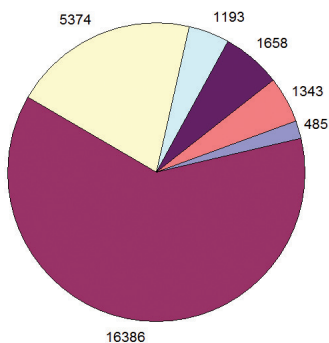


Рис. 3. Площадь (км²) различных структур подстилающей поверхности водосборов контролируемых рек, впадающих в Финский залив.

Условные обозначения см. рис. 2.

мерно 13 340 км² и полностью расположен на территории Российской Федерации. В среднем сток реки Луги составляет 93 м³/с. Густота речной сети достигает 0,70 км/км. Вынос биогенных веществ со стоком реки Луги определяется значительным количеством сельскохозяйственных предприятий на водосборе и сбросами точечных источников загрязнения.

Река Нарва длиной 77 км соединяет Чудско-Псковское озеро с Финским заливом. Российская часть ее водосборной территории (от истока до устья), включая водосбор основного притока реки Плюссы, занимает площадь ~ 7820 км². Среднегодовой сток реки Невы составляет 399 м³/с. На вынос биогенных веществ со стоком реки Нарвы, формирующий биогенную нагрузку на Финский залив, существенное влияние оказывают как поступление веществ с водосбора, так и внутриводоемные процессы в Чудско-Псковской озерной системе.

Значения площади различных типов подстилающей поверхности водосбора, необходимые для расчета нагрузки, сформированной на контролируемых водосборах Финского залива, приведены на рис. 3.

Река Нева — основной приток Финского залива и протока между Ладожским озером и Финским заливом длиной 74 км. Она берет начало в Шлиссельбургской губе Ладожского озера и впадает в Невскую губу Финского залива, образуя обширную дельту, на которой расположен город Санкт-Петербург. Среднегодовой сток реки Невы составляет 2500 м³/с. Внешняя нагрузка на Неву формируется на частном водосборе реки, площадь которой составляет примерно 5260 км². 85 % площади занимают водосборы основных притоков — рек Мги, Тосны, Ижоры, Славянки, Охты и Черной.

Река Луга длиной 353 км протекает по южной части водосбора Финского залива. Водосбор Луги, включая водосбор ее основного притока реки Оредеж, составляет при-

Таблица 3

Нагрузка,
сформированная на полях сельхозпредприятий
водосборов контролируемых притоков Финского залива

Часть водосбора Финского залива	Площадь удобряемых угодий, га	N, т/год	P, т/год
Частный водосбор реки Невы	36570	598,92	48,97
Водосбор реки Луги	118327	1738,78	94,32
Частный водосбор реки Нарвы	10911	436,07	34,32

Результаты расчетов биогенной нагрузки на контролируемые водосборы, сформированной сельскохозяйственными предприятиями, содержатся в табл. 3. Результаты итогового расчета биогенной нагрузки на Финский залив от контролируемых притоков российского водосбора приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки
на Финский залив с водосборов контролируемых притоков Финского залива
для года средней водности (300 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	13347,6	861,5
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	4894,6	311,0
Вынос с водосбора, т/год	8453,0	550,5
Прямой сброс, т/год	4502,0	114,8
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	12955,0	665,3
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	7902,6	441,0
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	6801,7	316,4
Модуль выноса, кг/(км ² · год)	490,0	25,6
Модуль фонового выноса, кг/(км ² · год)	275,3	12,0

Биогенный сток с водосборов озер Онежское, Чудско-Псковское, Ильмень и частного водосбора Ладожского озера

Верховья водосбора реки Невы представляют собой сложную озерно-речную систему с водосборной площадью около 280 000 км² и располагаются на территории трех государств: России (80 % общей площади), Финляндии (19,9 %) и Белоруссии (0,1 %). В пределах России водосбор расположен в семи субъектах Федерации: Ленинградской области (39 % площади российской части водосбора), Карелии (29 %), Новгородской (17 %), Псковской (6 %), Тверской (4 %), Вологодской (3 %) и Архангельской областях (2 %). В настоящей работе рассмотрена только российская часть водосбора. Расчеты формирования биогенной нагрузки выполнялись для следующих пространственных элементов: Ладожское озеро и его частный водосбор (включая реки Волхов, Вуоксу, Свирь и др.), Онежское озеро и его водосбор, озеро Ильмень и его водосбор. Ладога, Онега и Ильмень — основные геохимические барьеры на пути миграции химических веществ с верховий водосбора Невы в Финский залив.

Так же как и на водосборе Невы, верховья водосбора Нарвы отделены от Финского залива мощным геохимическим барьером, которым является Чудско-Псковское озеро. Общая площадь российской части водосбора составляет ~ 25 900 км². Наиболее крупный приток — река Великая, значимыми притоками озера также являются реки Желча, Пиуза и Гдовка.

Значения площадей различных типов подстилающей поверхности водосбора, необходимые для расчета выноса биогенных веществ с частного водосбора Ладожского озера, водосборов озер Ильмень, Онежское и Чудско-Псковское, приведены на рис. 4. Результаты моделирования формирования выноса азота и фосфора с исследуемых водосборов представлены в табл. 5—8.

Наглядное представление о соотношении значений выноса азота и фосфора (т/год), модуля выноса ($\text{кг}/\text{км}^2$ год) и модуля фонового выноса ($\text{кг}/\text{км}^2$ год) для рассмотренных территорий российской части бассейна Финского залива Балтийского моря дают рис. 5—7.

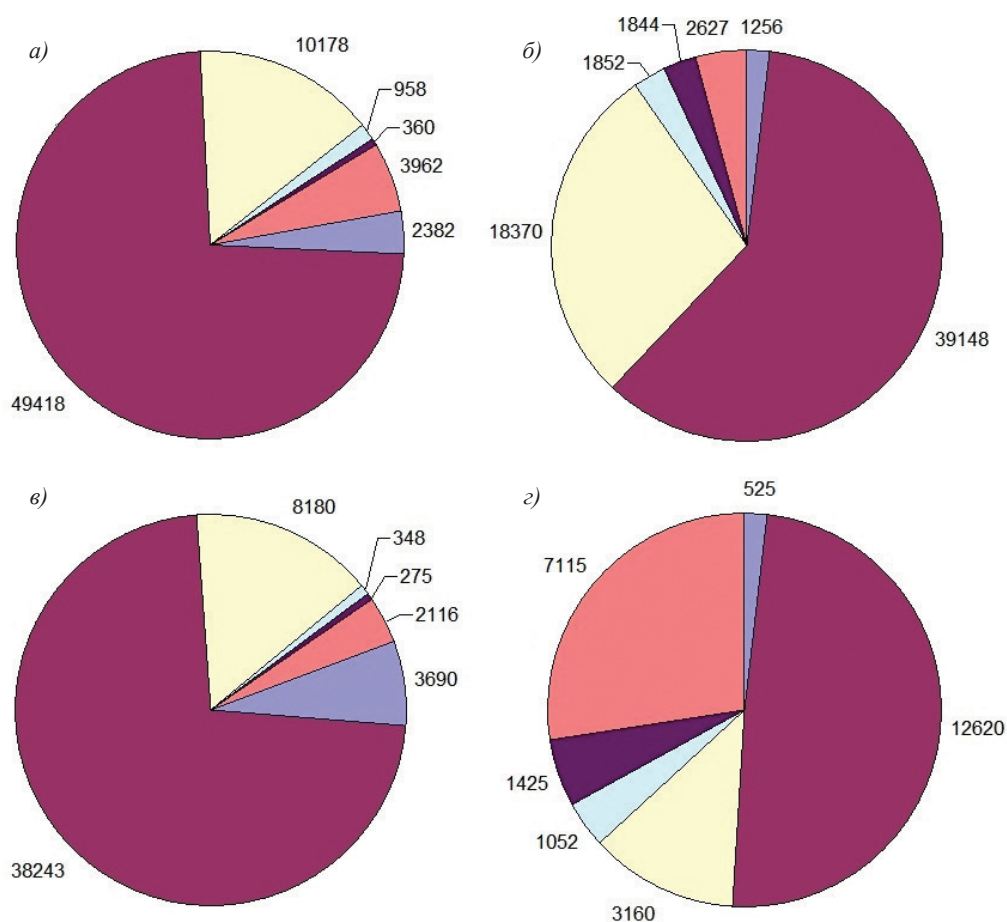


Рис. 4. Площадь (км^2) различных типов подстилающей поверхности.

а — частный водосбор Ладожского озера, б — водосбор озера Ильмень, в — Онежского озера, з — Чудско-Псковского озера. Условные обозначения см. рис. 2.



Рис. 5. Соотношение значений выноса азота и фосфора (т/год) рассмотренных водосборов (вдсб).

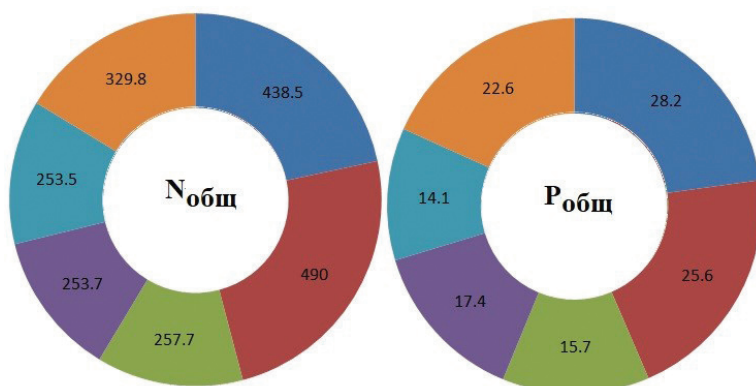


Рис. 6. Соотношение значений модуля выноса азота и фосфора (кг/(км² · год)) рассмотренных водосборов.

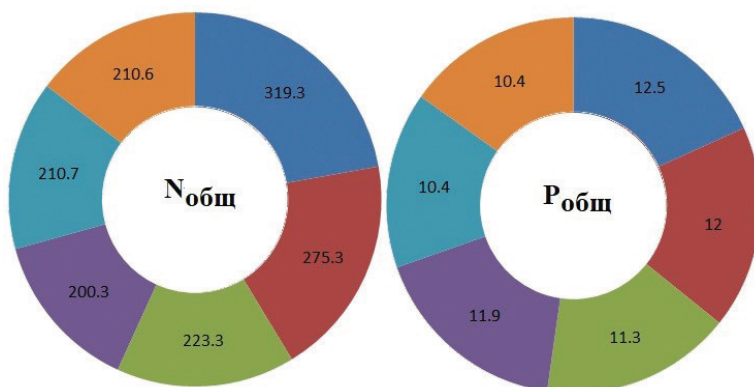


Рис. 7. Соотношение значений модуля фонового выноса азота и фосфора (кг/(км² · год)) рассмотренных водосборов.

Таблица 5

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки
на частном водосборе Ладожского озера для года средней водности (300 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	27118,4	1616,7
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	9944,3	583,6
Вынос с водосбора, т/год	17174,1	1033,1
Прямой сброс, т/год	159,9	22,2
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	17334,0	1055,3
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	16661,1	888,1
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	15021,0	760,5
Модуль выноса, кг/(км ² · год)	257,7	15,7
Модуль фонового выноса, кг/(км ² · год)	223,3	11,3

Таблица 6

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки
на водосборе Онежского озера для года средней водности (320 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	19471,1	1124,5
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	6822,2	377,8
Вынос с водосбора, т/год	12648,9	746,7
Прямой сброс, т/год	757,0	174,0
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	13405,9	920,7
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	11360,1	702,7
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	10585,7	627,5
Модуль выноса, кг/(км ² · год)	253,7	17,4
Модуль фонового выноса, кг/(км ² · год)	200,3	11,9

Таблица 7

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки
на водосборе озера Ильмень для года средней водности (280 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	26809,2	1501,7
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	10308,0	583,6
Вынос с водосбора, т/год	16501,2	918,1
Прямой сброс, т/год	0	0
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	16501,2	918,1
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	16326,3	889,0
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	13713,9	674,8
Модуль выноса, кг/(км ² · год)	253,5	14,1
Модуль фонового выноса, кг/(км ² · год)	210,7	10,4

Таблица 8

Результаты расчета формирования биогенной нагрузки на российской части водосбора Чудско-Псковского озера для года средней водности (280 мм/год)

Компонент биогенной нагрузки	N, т/год	P, т/год
Суммарная нагрузка на гидрографическую сеть водосбора, т/год	13471,3	891,4
Удержание водосбором и его гидрографической сетью, т/год	5179,6	346,4
Вынос с водосбора, т/год	8291,7	545,0
Прямой сброс, т/год	40,0	250,0
Биогенный сток и нагрузка на водный объект, т/год	8541,7	585,0
Диффузная составляющая нагрузки, т/год	8267,0	541,3
Фоновая (природная) составляющая нагрузки, т/год	5452,7	268,2
Модуль выноса, кг/(км ² · год)	329,8	22,6
Модуль фонового выноса, кг/(км ² · год)	210,6	10,4

Заключение

Проанализировав полученные результаты расчетов формирования биогенного стока с основных водосборов российской части бассейна Финского залива, можно сделать следующие основные выводы.

1. Наибольшее значение выноса биогенных веществ (по абсолютной величине) для исследуемых водосборов приходится на частный водосбор Ладожского озера — для $N_{\text{общ}}$ его значение составляет 17 334 т/год, для $P_{\text{общ}}$ — 1055,3 т/год. Наименьшие значения приходятся на неконтролируемую территорию российской части бассейна Финского залива: для $N_{\text{общ}}$ — 4017,5 т/год, для $P_{\text{общ}}$ — 257,9 т/год.

2. Наибольшие относительные значения выноса (модуля выноса) азота характерны для контролируемой части Российского водосбора (490 кг/(км² · год)), фосфора — для неконтролируемой его части (28,2 кг/(км² · год)).

3. Доля неконтролируемых сбросов в прямой нагрузке на Финский залив составляет 24 % по азоту и 28 % по фосфору от суммарного значения нагрузки с контролируемых и неконтролируемых территорий.

4. Из числа озерных водосборов максимальные значения модулей выноса отмечены для водосбора Чудско-Псковского озера (для $N_{\text{общ}}$ — 329,8 кг/(км² · год), для $P_{\text{общ}}$ — 22,6 кг/(км² · год)), минимальные — для водосбора озера Ильмень (для $N_{\text{общ}}$ — 253,5 кг/(км² · год), для $P_{\text{общ}}$ — 14,1 кг/(км² · год)) и Онежского озера (для $N_{\text{общ}}$ — 253,7 кг/(км² · год), для $P_{\text{общ}}$ — 17,4 кг/(км² · год)).

5. Уровень модулей выноса прямо пропорционален площадям сельскохозяйственных угодий и урбанизированных территорий на изучаемых водосборах и обратно пропорционален площадям естественных территорий (лесов и болот).

6. Модули фонового выноса биогенных элементов для всех исследуемых водосборов соизмеримы между собой. Для $N_{\text{общ}}$ модуль фонового выноса находится в пределах от 200,3 кг/(км² · год) (водосбор Онежского озера) до 319,3 кг/км² год (неконтролируемая территория), для $P_{\text{общ}}$ — от 10,4 кг/(км² · год) (водосборы озера

Ильмень и Чудско-Псковского озера) до 12,5 кг/(км²·год) (водосборы контролируемых рек).

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2018-0003 (№ гос. регистрации: № 01201363379) при частичном финансовом обеспечении за счет средств федерального бюджета.

Список литературы

1. 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.
2. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. СПб: Наука, 2007. 253 с.
3. Кондратьев С.А., Басова С.Л., Ершова А.А., Ефремова Л.В., Маркова Е.Г., Шмакова М.В. Метод оценки биогенной нагрузки на водные объекты Северо-Запада России // Известия Русского географического общества. 2009. Т. 141, № 2. С. 53—63.
4. Кондратьев С.А., Брюханов Ю.А., Викторова Н.В., Шмакова М.В., Обломкова Н.С., Маркова Е.Г. Биогенная нагрузка на Ладожское озеро с частного водосбора в современных условиях // Труды Всероссийской конференции по крупным внутренним водоемам «V Ладожский симпозиум» / Под. ред. В.А. Румянцев, Ш.Р. Позднякова. СПб, 2016. С. 185—192.
5. Кондратьев С.А., Казмина М.В., Шмакова М.В., Маркова Е.Г. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты // Региональная экология. 2011. № 3—4. С. 50—59.
6. Кондратьев С.А., Максимов Д.А., Шмакова М.В., Уличев В.И. Моделирование биогенной нагрузки на водные объекты // Ученые записки РГТМУ. 2014. № 35. С. 165 — 177.
7. Малинин, В.Н., Митина, Ю.В., Шевчук, О.И. К оценке затопления побережья Курортного района Санкт-Петербурга при прохождении экстремальных наводненческих циклонов // Ученые записки РГТМУ. 2013. № 29. С. 138—145.
8. Разработать методику и выполнить расчет диффузной нагрузки азота, фосфора на водосбор при ведении сельскохозяйственной деятельности и потенциала ее снижения при использовании НДТ в сельском хозяйстве / Отчет о НИР. М.: изд-во ИАЭП РАН, 2015. 22 с.
9. *Eutrophication in the Baltic Sea*. Baltic Sea Environment Proceedings No. 115B. Helsinki Commission Publ. Helsinki, 2009. 148 p.
10. *Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water)*. HELCOM, Helsinki, 2005. 80 p.
11. *HELCOM Baltic Sea Action Plan*. Helsinki Commission Publ. Helsinki, 2007. 103 p.
12. *HELCOM Copenhagen Ministerial Declaration: Taking Further Action to Implement the Baltic Sea Action Plan — Reaching Good Environmental Status for a Healthy Baltic Sea*. Copenhagen, Denmark, 2013. 19 p.