

ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ ФОСФОРНАЯ НАГРУЗКА НА ДУДЕРГОФСКИЕ ОЗЁРА

Терехов А.В.¹, Обломкова Н.С.², Шмакова М.В.¹, Игнатъева Н.В.¹,
Брюханов А.Ю.², Кондратьев С.А.¹

¹ – Институт озераведения РАН (ИНОЗ РАН), Санкт-Петербург, Россия

² – Институт инженерных и агроэкологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП), Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Представлены результаты расчётов фосфорной нагрузки на систему Дудергофских озёр, расположенных на территории Санкт-Петербурга. Получена количественная оценка современного уровня внешней (на основе модели *ILLM*) и внутренней фосфорной нагрузки на систему. Установлено, что в условиях средней водности внешняя нагрузка на акваторию озёр составляет 0,994 т Р/год. Внутренняя фосфорная нагрузка на систему оценивается в 0,168 т Р/год. Внешняя и внутренняя фосфорная нагрузка на самое крупное Дудергофское озеро составляет 93% и 83% от суммарного значения соответствующей нагрузки на всю озерную систему, и это же озеро характеризуется наихудшими показателями качества воды из числа трех озёр.

Ключевые слова: биогенная нагрузка, фосфор, математическое моделирование, сельское хозяйство, Дудергофские озёра, модель *ILLM*.

Целью настоящего исследования являлась количественная оценка современного уровня внешней и внутренней фосфорной нагрузки на систему Дудергофских озёр (Дудергофское, Долгое и Безымянное озёра), так как именно поступление фосфора определяет скорость эвтрофирования изучаемых водоемов и ухудшение их экологического состояния.

Для количественной оценки внешней биогенной нагрузки со стороны водосборного бассейна использованы методы математического моделирования. Расчёты выполнялись по модели *ILLM* — *Institute of Limnology Load Model*, разработанной в Институте озераведения РАН на основе отечественного и зарубежного опыта моделирования выноса биогенных веществ с водосборных территорий [1, 3], а также рекомендаций ХЕЛКОМ по оценке нагрузки на водные объекты бассейна Балтийского моря [5, 6], и верифицированной на ряде водных объектов Северо-Запада.

Модель учитывает вклад точечных и рассредоточенных источников в формирование биогенной нагрузки на водосбор, позволяет рассчитывать вынос примесей с водосбора с учетом влияния гидрологических факторов и удержания биогенных веществ водосбором и гидрографической сетью. Конечным итогом стали количественная оценка биогенной нагрузки на водоем со стороны водосбора и отдельных ее составляющих (Табл. 1): на поверхность изучаемого водосбора поступает 2,621 т Р/год, водосбором и его гидрографической сетью удерживается 1,627 т Р/год, следовательно, внешняя нагрузка составляет 0,994 т Р/год.

Таблица 1 – Результаты расчета формирования внешней нагрузки для средней водности (300 мм/год)

	Р _{общ} , т/год	
	Система озёр	Дудергофское озеро
Суммарная нагрузка на водосбор	2,621	2,426
Удержание водосбором и его гидрографической сетью	1,627	1,506

	Р _{общ} , т/год	
	Система озёр	Дудергофское озеро
Нагрузка на озеро	0,994	0,920
Фоновая составляющая нагрузки	0,507	0,470

Для изучения формирования внутренней нагрузки фосфором на Дудергофские озера в октябре 2018 г. стратометром был произведен отбор ненарушенных кернов донных отложений мощностью 15 см. Каждая колонка была разделена на 9 слоев от 0,2 до 5 см. На тех же станциях были отобраны пробы верхнего слоя донных отложений (0–2 см) для определения естественной влажности, пористости и удельной массы осадка. Для оценки скорости осадконакопления, необходимой для расчетов потоков, в озере Безымянном отобран керн донных отложений мощностью 30 см.

Определение содержания фосфора в осадках выполнялось по методу Мета в модификации М. В. Мартыновой и Н. А. Шмидеберг [2, 4]. Оценка скорости осадконакопления выполнялась по ²¹⁰Pb в СПбГУ. Оценка суммарных потоков фосфора из донных отложений в водную массу Дудергофских озер была проведена по методу, разработанному в Институте озероведения РАН (Свидетельство о государственной регистрации № 2017618854 от 10.08.2017).

С учетом площади ежегодно из донных отложений в водную массу поступает в озере Дудергофском 140 кг фосфора, в озере Долгом 10 кг фосфора, в озере Безымянном 18 кг фосфора. При этом плотность потока фосфора со дна зависит от свойств донных отложений, в первую очередь, от содержания в них органического вещества и окислительно-восстановительного состояния пограничной зоны осадок–вода. Основное количество фосфора поступает в воду из тонкодисперсных отложений. Таким образом, ориентировочная оценка современной внутренней фосфорной нагрузки на систему Дудергофских озер составляет 0,168 т Р/год.

Таким образом, внешняя и внутренняя фосфорная нагрузка на самое крупное — Дудергофское — озеро составляет 93% и 83% от суммарного значения соответствующей нагрузки на всю озерную систему. Это же озеро характеризуется наихудшими показателями качества воды из числа трех озер.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме №0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоёмов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

Литература

1. Брюханов А. Ю., Кондратьев С. А., Обломкова Н. С., Оглуздин А. С., Субботин И. А. Методика определения биогенной нагрузки на водные объекты от сельскохозяйственного производства // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. №89. С. 175–183.
2. Игнатъева Н. В. Оценка потоков фосфора в пограничной зоне осадок–вода в Псковско-Чудском озере // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 34. С. 71–78.
3. Кондратьев С. А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. — СПб.: Наука, 2007. 255 с.
4. Мартынова М. В., Шмидеберг Н. А. О методах определения различных форм фосфора в донных наносах // Гидрохимические материалы. 1983. Т. 85. С. 49–55.
5. Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А., Тарбаева В. М., Шмакова М. В., Брюханов А. Ю., Воробьева Е. А., Обломкова Н. С. Обоснование выполнения рекомендаций Хелком по снижению биогенной нагрузки на финский залив со стороны России // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2016. № 4. С. 53–65.
6. An improved system for monitoring and assessment of pollution loads from the Russian part of the Baltic Sea catchment for HELCOM purposes — RusNIP II. Implementation of the Baltic Sea Action Plan (BSAP) in Russian Federation. Swedish Environmental Protection Agency, Report 6645, — 2015. 138 p.

INTERNAL AND EXTERNAL PHOSPHORUS LOAD ON DUDERGOFSKIE LAKES

**Terekhov A.¹, Oblomkova N.², Shmakova M.¹, Ignatyeva N.¹,
Bryukhanov A.², Kondratyev S.¹**

¹ – *Institute of Limnology Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*

² – *Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production, Saint Petersburg, Russia*

Abstract. The model results of the phosphorus load calculations for Duderhofskie lakes system situated in Saint Petersburg are presented. Quantitative estimates of external and internal phosphorus load were obtained. Calculations were performed with ILLM model which takes into account contribution of point and distributed sources, hydrological factors, phosphorus retention by catchment and by stream flow.

It is shown that in medium water content conditions 2,621 t P per year come in the catchment. The catchment and its hydrological network retain 1,627 t P per year. Therefore, estimated present-day phosphorus external load is 0,994 t P per year, while internal load calculated is 0,168 t P per year. The most intense external and internal load fall at the largest, Duderhofskoe, lake, which is also characterized by the worst water quality in the system of three lakes.

Key words: nutrient load, phosphorus, modelling, agriculture, Duderhofskie lakes, ILLM model