

Фрумин Григорий Тевелевич
Доктор химических наук, профессор
Российский государственный педагогический университет
им. А.И. Герцена

Ипатова Светлана Владимировна
ОМС ЦМС ФГБУ «Северо-Западное УГМС»

ВЕРОЯТНАСТНАЯ ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА НЕВСКОЙ ГУБЫ

Аннотация. Актуальность проведенного исследования обусловлена необходимостью совершенствования количественных методов оценки трофического статуса водных объектов. Цель исследования (вероятная оценка трофического статуса Невской губы за период 2000 (2025 годы).

Ключевые слова: Невская губа, эвтрофирование, трофический статус.

Введение

Площадь Невской губы 380 км², объем 1,2 км³, средняя глубина 3 м, условное время водообмена 0,015 года. Водосборная площадь Невской губы расположена на территории нескольких субъектов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации (81,4%): Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская, Вологодская области, Республика Карелия. Часть водосборной площади находится в Финляндии (18,5%).

Ироничное название Невской губы – Маркизова лужа возникло в первой трети XIX века в среде офицеров Балтийского флота. Происходит от титула тогдашнего морского министра России маркиза И.И. де Траверсе, при котором почти прекратились дальние морские походы, а плавания осуществлялись не дальше Кронштадта.

«Среди современных проблем водной экологии центральное место занимает проблема эвтрофирования» [6,7].

В марте 1974 г. представителями стран Балтики – ГДР, Данией, Польшей, СССР, Финляндией, ФРГ и Швецией – была подписана конвенция по охране морской среды Балтийского моря (Хельсинкская конвенция), вступившая в силу в мае 1980 г. Эта конвенция, принятая в целях охраны морской среды Балтийского моря, стала первым международным соглашением, затрагивающим все источники загрязнения, расположенные на побережье (точечные и диффузные), в море (морские суда), а также атмосферу. Однако, и сегодня, по прошествии более сорока лет, основные экологические проблемы Балтики остаются весьма актуальными. При этом основными проблемами как Балтийского моря в целом, так и восточной части Финского залива, включая Невскую губу, остаются эвтрофирование и химическое загрязнение.

Среди множества биогенных элементов, влияющих на процесс эвтрофирования (азот, кислород, углерод, сера, кальций, калий, хлор, железо, марганец, кремний и др.), для водоемов умеренной зоны решающую роль играет фосфор [4].

Развитие процесса антропогенного эвтрофирования приводит ко многим неблагоприятным последствиям с точки зрения водопользования и водопотребления (развитие «цветения» и ухудшение качества воды, появление анаэробных зон, нарушение структуры биоценозов и исчезновение многих видов гидробионтов, в том числе ценных промысловых рыб). Невская губа – рыбохозяйственный водоем высшей категории.

По образному выражению Ю.Одума, «антропогенное эвтрофирование есть злокачественное увеличение первичной продукции в водоеме» [3]. Кроме того, в период цветения сине-зеленые водоросли производят сильнейшие токсины (алкалоиды, низкомолекулярные пептиды и др.), которые сами не используют, но они, попадая в водную толщу, представляют опасность для живых организмов и человека. Эти токсины могут вызывать цирроз печени, дерматиты у людей, отравление и гибель животных [1].



Материалы и методы исследования

В работе использованы данные мониторинга, регулярно проводимого Федеральным государственным бюджетным учреждением «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». На рис. 1 приведена схема отбора проб воды в Невской губе.

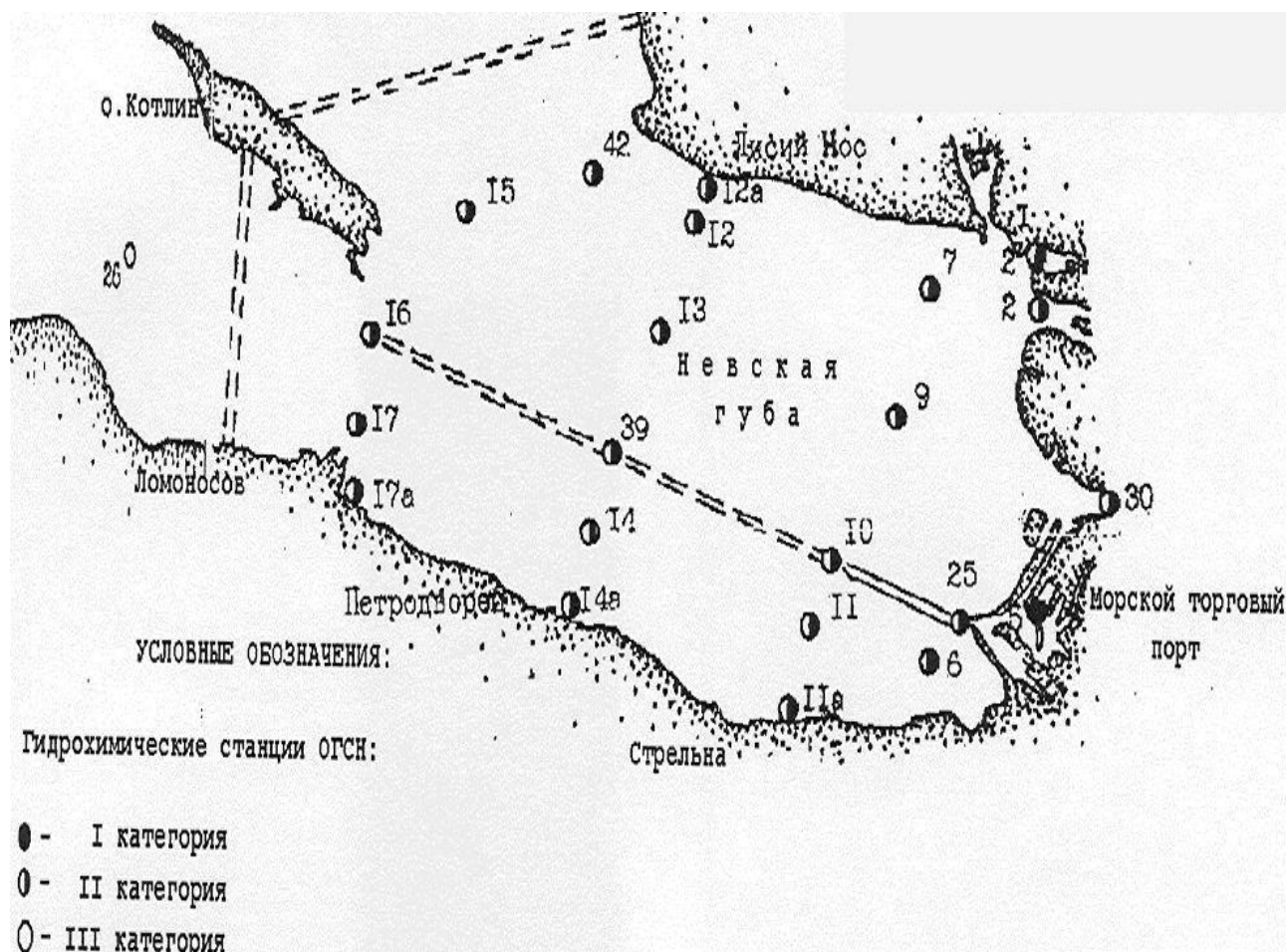


Рисунок 1. Схема расположения станций наблюдений в Невской губе

В работе использован пакет прикладных программ Excel [2]. Для расчетов вероятностей трофических статусов озера были использованы зависимости, приведенные в табл. 1 [5].

Таблица 1. Формулы для расчетов вероятностей трофического статуса водоемов по средним за год концентрациям фосфора общего (ТР), (мг/м³)

Трофический статус	Формула
Ультраолиготрофный	$\mu(ТР)_{yo} = 1 - \exp\{-\exp[-0,357 \cdot (ТР) + 1,25]\}$
Олиготрофный	$\mu(ТР)_o = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,947 \cdot \ln(ТР/8)]^2\}$
Мезотрофный	$\mu(ТР)_m = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,995 \cdot \ln(ТР/26)]^2\}$
Эвтрофный	$\mu(ТР)_e = 0,66 \cdot \exp\{-[-0,964 \cdot \ln(ТР/89)]^2\}$
Гипертрофный	$\mu(ТР)_{гт} = \exp\{-\exp[-0,0123 \cdot (ТР) + 1,65]\}$

Результаты и обсуждение

По формулам, приведенным в табл. 1, были рассчитаны вероятности трофического статуса Невской губы (табл. 2).

Таблица 2

Вероятностная оценка трофического статуса невской губы

Год	ТР, мг/м ³	μ (ТР) _{уо}	μ (ТР) _о	μ (ТР) _м	μ (ТР) _э	μ (ТР) _{гт}
2000	19	0,00	0,34	0,60	0,06	0,00
2001	26	0,00	0,19	0,66	0,15	0,00
2002	36	0,00	0,09	0,59	0,31	0,01
2003	42	0,00	0,06	0,53	0,39	0,02
2004	32	0,00	0,12	0,63	0,25	0,00
2005	22	0,00	0,26	0,64	0,10	0,00
2006	41	0,00	0,06	0,54	0,38	0,02
2007	9	0,13	0,65	0,22	0,00	0,00
2008	18	0,00	0,37	0,58	0,05	0,00
2009	16	0,01	0,43	0,52	0,04	0,00
2010	17	0,00	0,40	0,55	0,05	0,00
2011	12	0,05	0,57	0,37	0,01	0,00
2012	9,7	0,10	0,64	0,25	0,01	0,00
2013	18	0,00	0,37	0,58	0,05	0,00
2014	13,5	0,03	0,52	0,43	0,02	0,00
2015	8,5	0,15	0,66	0,19	0,00	0,00
2016	14	0,02	0,50	0,45	0,03	0,00
2017	11,4	0,06	0,59	0,34	0,01	0,00
2018	16,5	0,01	0,41	0,54	0,04	0,00
2019	19,1	0,00	0,33	0,60	0,07	0,00
2020	11,4	0,06	0,59	0,34	0,01	0,00
2021	13,6	0,03	0,51	0,44	0,02	0,00
2022	17,1	0,00	0,39	0,55	0,05	0,01
2023	15,1	0,01	0,46	0,49	0,04	0,00
2024	15,6	0,01	0,44	0,51	0,04	0,00
2025	16,7	0,01	0,41	0,54	0,04	0,00
среднее	18,8	0,03	0,40	0,49	0,08	0,00

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, за период 2000-2024 гг. трофический статус Невской губы варьировал от олиготрофного до мезотрофного. При этом в течение 17 лет наибольшая вероятность трофического статуса Невской губы характеризовалась как мезотрофная (65,4%), а в течение 9 лет – как олиготрофная (34,6%).

В среднем за рассмотренный период вероятность ультраолиготрофного статуса 0,03, олиготрофного – 0,40, мезотрофного – 0,49, эвтрофного – 0,08 и гипертрофного – 0,00.

Дополнительная математико-статистическая обработка первичных данных позволила выявить отрицательный тренд динамики концентраций фосфора общего на всей акватории Невской губы (рис. 2).



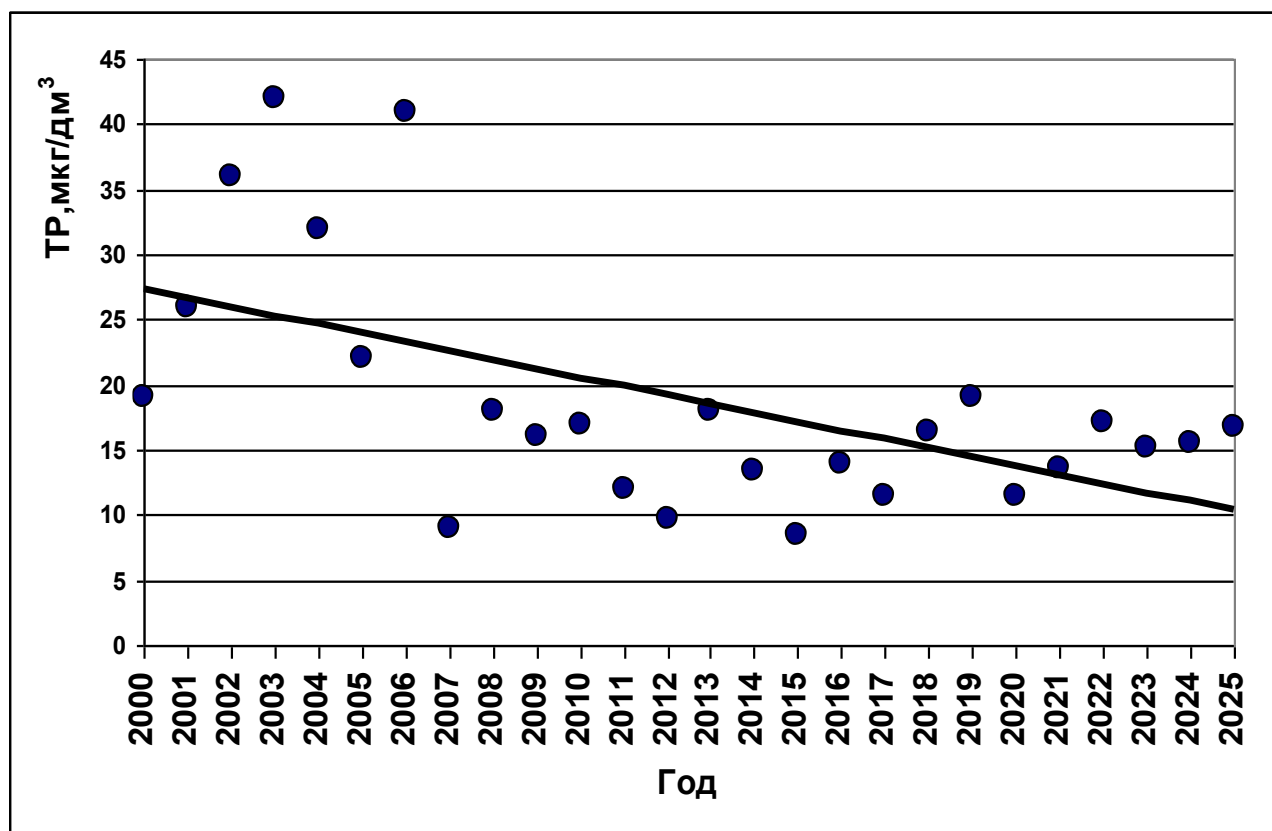


Рисунок 2. Межгодовая динамика средних за год концентраций фосфора общего (растворенного) на всей акватории Невской губы

Список литературы:

1. Громов Б.В. Цианобактерии в биосфере // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 9. С. 33–39.
2. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel. СПб.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
3. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
4. Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.
5. Фрумин Г.Т., Хуан Ж.-Ж. Вероятностная оценка трофического статуса водных объектов. Методическое пособие. СПб.: РГГМУ, 2012. 28 с.
6. Фрумин Г.Т., Гильдеева И.М. Эвтрофирование водоемов – глобальная экологическая проблема // Экологическая химия. 2013. Т. 22 (4). С. 191–197.
7. Хендерсон-Селлерс Б., Марклэнд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.