

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕР

Фрумин Г.Т.

*Российский государственный педагогический университет
им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail:
gfrumin@mail.ru*

Среди современных проблем водной экологии центральное место занимает проблема эвтрофирования. Разработанные классификации трофического статуса водных объектов ориентированы на разные показатели и их комплексы. Было бы крайне полезным совместно опробовать их на ряде водоёмов для установления достоверного, наиболее эффективного и дешёвого метода определения трофического статуса водоёмов. Очевидно, что наиболее надёжный метод определения трофического статуса водоёмов состоит в отказе от использования фиксированных категорий. Актуальность проведённого исследования обусловлена необходимостью совершенствования методов оценки трофического статуса пресноводных озёр. Цель работы – оценить вероятность трофического статуса некоторых озёр, расположенных в различных природно-климатических зонах. Впервые рассчитаны трофические статусы Ладожского озера, Онежского озера, озера Ильмень, озера Имандра, озера Копя (Республика Казахстан), Нарочанских озёр (Баторино, Нарочь, Мястро – Республика Беларусь), озера Тайху (Китайская Народная Республика).

Ключевые слова: пресноводные озера; эвтрофирование; трофический статус; вероятностная оценка.

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE TROPHIC STATUS OF FRESHWATER LAKES

Frumin G.T.

*The Herzen State Pedagogical University of Russia
St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: gfrumin@mail.ru*

Among the modern problems of aquatic ecology, the central place is occupied by the problem of eutrophication. The developed classifications of the trophic status of water bodies are focused on different indicators and their complexes. It would be extremely useful to jointly test them on a number of water bodies in order to establish a reliable, most effective and cheap method for determining the trophic status of water bodies. Obviously, the most reliable method for determining the trophic status of water bodies is to abandon the use of fixed categories. The relevance of the study is due to the need to improve methods for assessing the trophic status of freshwater lakes. The purpose of the work is to assess the probability of the trophic status of some lakes located in different natural and climatic zones. For the first time, the trophic statuses of Lake Ladoga, Lake Onega, Lake Ilmen, Lake Imandra, Lake Kopya (Republic of Kazakhstan), Narochan lakes (Batorino, Naroch, Myastro – Republic of Belarus), Lake Taihu (People's Republic of China).

(Republic of Kazakhstan), Naroch Lakes (Batorino, Naroch, Myastro - Republic of Belarus), Lake Taihu (People's Republic of China) were calculated.

Keywords: freshwater lakes; eutrophication; trophic status; probabilistic estimate.

Среди современных проблем гидроэкологии центральное место занимает проблема эвтрофирования [1] (синонимы: эвтрофикация, евтрофирование, евтрофикация). Согласно ГОСТу 17.1.1.01-77, “эвтрофированием называется повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов”. Поскольку эвтрофирование водоемов стало серьезной глобальной экологической проблемой, по линии ЮНЕСКО начаты работы по мониторингу внутренних вод, контролю за эвтрофированием водоёмов земного шара [2, с. 103, 3].

Существующие классификации трофического статуса водных объектов ориентированы на разные показатели и их комплексы. Вероятность ошибочной идентификации трофического статуса водоёма может быть очень высокой в случаях использования: малоинформативных индексов; одного единственного индекса трофического статуса; индекса или группы индексов, адаптированных для условий одной климатической зоны, для определения трофности водоёмов в другой климатической зоне; индексов, полученных для водных экосистем циклического типа, для водных экосистем транзитного типа, а также проведения идентификации трофического статуса водоёма по натурным исследованиям одного года (сезона, съёмки).

В связи с изложенным, по мнению автора, определённые перспективы могут быть связаны с разработкой вероятностной оценки трофического статуса водных объектов.

Цель проведенного исследования – оценить вероятность трофического статуса некоторых озёр, расположенных в различных природно-климатических зонах (табл. 1).

Озёра Имандра, Онежское, Ладожское и Ильмень расположены на территории Российской Федерации, озёра Мясстро, Нарочь и Баторино – на территории Республики Беларусь, озеро Копа – на территории Республики Казахстан, озеро Тайху – на территории Китайской Народной Республики.

Для оценки трофического статуса озёр был использован вероятностный подход, ранее разработанный ОЭРК (Организация экономического развития и кооперации), и базирующийся на данных о содержании фосфора общего [1, с.228].

Для оценки уровня трофности были использованы пять градаций: $\mu_{УО}$ – вероятность ультраолиготрофного статуса, $\mu_{О}$ – вероятность олиготрофного статуса, $\mu_{М}$ – вероятность мезотрофного статуса, $\mu_{Э}$ – вероятность эвтрофного статуса и $\mu_{ГТ}$ – вероятность гипертрофного статуса.

Таблица 1

Координаты, период осреднения и концентрации фосфора общего

Озеро	Координаты	Период наблюдений, гг.	Средняя концентрация фосфора общего (ТР), мкг/дм ³
Имандра (плёс Большая Имандра)	67°40'00// с.ш. 33°00'00// в.д.	2009-2013	46
Онежское	61°38'34// с.ш. 35°31'08// в.д.	2018-2022	17,6
Ладожское	60°50'34// с.ш. 31°27'35// в.д.	2011-2015	11,0
Ильмень	58°16'00// с.ш. 31°17'00// в.д.	2016-2020	59,4
Мястро	54°52'00// с.ш. 26°54'00// в.д.	2011-2015	28,2
Нарочь	54°51'09// с.ш. 26°44'59// в.д.	2011-2015	12
Баторино	54°50'55// с.ш. 26°57'28// в.д.	2011-2015	30,6
Копа	53°18' с.ш. 69°21' в.д.	2008-2012	53,3
Тайху	31°10'00// с.ш. 120°09'00// в.д.	2008-2012	55,8

Во всех случаях должно выполняться следующее:

$$\mu_{yo} + \mu_o + \mu_m + \mu_z + \mu_{gt} = 1 \text{ или } 100\%$$

Кривые вероятностной классификации трофического статуса озер, разработанные ОЭРК, были аппроксимированы аналитическими зависимостями (табл. 2) [4].

Таблица 2

Формулы для расчетов вероятностей трофического статуса водоёмов по средним за год концентрациям фосфора общего (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	$\mu(ТР)_z = 0.66 \cdot \exp\{-[-0,964 \cdot \ln(ТР/89)]^2\}$
Гипертрофный	$\mu(ТР)_{gt} = \exp\{-\exp[-0,0123 \cdot (ТР) + 1,65]\}$

Концентрации фосфора общего заимствованы из следующих источников: озёра РФ – Северное УГМС и Северо-Западное УГМС, озеро Копа – «Центр гидрометеорологического мониторинга» РГП Казгидромет, озёра Республики Беларусь – [5], озеро Тайху [6].

Для иллюстрации были рассчитаны вероятности трофического статуса некоторых озёр, расположенных на территориях разных государств и в различных природно-климатических зонах (табл. 3).

Таблица 3

Вероятности трофического статуса пресноводных озёр по содержанию фосфора общего

Озеро	$\mu_{\text{во}}$	$\mu_{\text{о}}$	$\mu_{\text{м}}$	$\mu_{\text{э}}$	$\mu_{\text{гт}}$	Трофический статус
Имандра (плёс Большая Имандра)	0,00	0,04	0,48	0,44	0,04	мезотрофно-эвтрофный
Онежское	0,00	0,38	0,57	0,05	0,00	мезотрофно-олиготрофный
Ладожское	0,07	0,60	0,32	0,01	0,00	олиготрофно-мезотрофный
Ильмень	0,00	0,02	0,34	0,57	0,07	эвтрофно-мезотрофный
Мястро	0,00	0,16	0,66	0,18	0,00	мезотрофно-эвтрофный
Нарочь	0,05	0,57	0,37	0,01	0,00	олиготрофно-мезотрофный
Баторино	0,00	0,13	0,64	0,23	0,00	мезотрофно-эвтрофный
Копа	0,00	0,03	0,40	0,52	0,05	эвтрофно-мезотрофный
Тайху	0,00	0,02	0,37	0,54	0,07	эвтрофно-мезотрофный

Расчёт вероятностной оценки трофического статуса водоёмов (озёр и водохранилищ) должен проводиться периодически с целью установления оптимальной степени очистки, режима и условий сброса сточных вод, при которых трофический статус водоёма будет удовлетворять установленным или планируемым нормам.

Библиографические ссылки

1. Хендерсон-Селлерс Б., Марклэнд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.
2. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. Учебное пособие. СПб.: Наука, 2004. 294 с.
3. Фрумин Г.Т., Гильдеева И.М. Эвтрофирование водоемов – глобальная экологическая проблема // Экологическая химия. 2013. №4. С. 191-197.
4. Фрумин Г.Т., Хуан Жань-Жань. Вероятностная оценка трофического статуса водных объектов. Методическое пособие. СПб.: РГГМУ, 2012. 28 с.
5. Казанцева Т.И., Адамович Б.В., Алимов А.Ф., Михеева Т.М., Жукова Т.В., Ковалевская Р.З., Солнцев В.Н. Главный фактор, определяющий динамику озерной экосистемы при избыточной нагрузке биогенами (на примере Нарочанских озер) // Сибирский экологический журнал. 2019. №6. С. 668-687.
6. Фрумин Г.Т., Хуан Жань-Жань. Вероятностная оценка трофического состояния озер Китая. Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тезисы докладов IV Международной научной конференции 12-17 сентября 2011 г. Минск-Нарочь. Минск: БГУ. 2011. С.189-190.