

УДК 556.55

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР УШАЧСКОЙ ГРУППЫ

А. З. Макус¹⁾, А. А. Новик²⁾

¹⁾Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», ул. Славинского 1 корп. 2, 220086, г. Минск, Беларусь, maus214a@gmail.com; ²⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, novika@bsu.by

Произведена оценка экологического состояния озерных систем Ушачской группы (озер Вечелье, Кривое, Черствятское, Отолово) на основе изучения показателей трофности. Индикаторными показателями уровня трофности послужили гидрохимические, гидробиологические показатели, прозрачность, содержание хлорофилла.

Ключевые слова: физико-географическая характеристика; уровень трофности; индикаторные показатели; гидрохимические и гидробиологические показатели.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF LAKES OF THE USHACHI GROUP

A. Z. Makus¹⁾, A. A. Novik²⁾

¹⁾Central Research Institute for Integrated Use of Water Resources, Slavinsky, 1-2, 220086, Minsk, Belarus, makus214a@gmail.com; ²⁾Belarusian State University, Nezavisimosti ave., 4, 220030, Minsk, Belarus, novika@bsu.by

An assessment was made of the ecological state of the lake systems of the Ushachi group (lake Vechelye, Krivoye, Cherstvyatskoye, Otolovo) based on the study of trophicity indicators. Indicative indicators of the trophic level were hydrochemical, hydrobiological indicators, transparency, and chlorophyll-a content.

Keywords: physical-geographical characteristics; trophic level; indicator indicators; hydrochemical and hydrobiological indicators.

Ушачская группа озер включает в себя более 100 водоемов, которые принадлежат бассейнам двух левых притоков Западной Двины — рекам Ушача и Дива. Территориально распределена в 3 районах: Ушачском, Лепельском, Полоцком. Общая площадь озер составляет более 75 км². Объем водной массы — 350 млн. м³. Система озер в бассейне р. Дива вытянута с северо-запада на юго-восток на расстоянии 40-45 км. Территория отличается незначительной лесистостью (не более 20 % площади водосбора озер) и относительно высокой заболоченностью — более 20 % [1].

В эпоху поозерского оледенения на территории располагался мощный ледниковый язык. По мере неравномерного отступления на северо-запад здесь образовался сложный холмисто-моренный рельеф и формировались разнообразные озерные котловины. Характерной особенностью территории является относительная равнинность водораздельных участков [2].

Исследования, выполненные РУП «ЦНИИКИВР» в 2018-2022 гг. на озерах Ушачской группы выявили изменение суммарной площади большинства озер в сторону уменьшения, за последние 6 лет снижение от 86,1 до 81,2 км² (на 4,88 км² или 5 %) [3].

Более детальные исследования проводились на 4 озерах Ушачской группы (озера Вечелье, Кривое, Черствятское, Отолово) с целью оценки их экологического состояния (рис. 1).

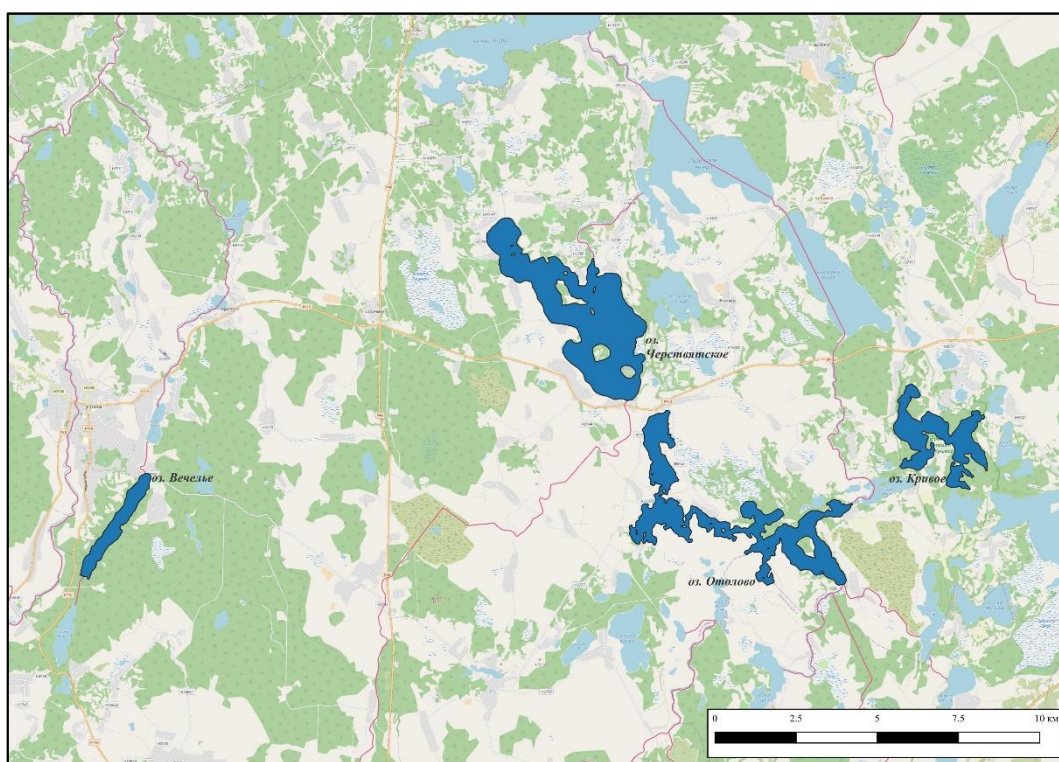


Рис. 1. Карта исследуемых озер Ушачской группы

Площадь озер Черствятское и Вечелье в исследуемый период увеличилась соответственно от 9,35 до 10,21 км² (на 0,86 км² или 9,2%) и от 1,36 до 1,37 км² (на 0,01 км² или 0,7 %). Озера Отолово и Кривое претерпели изменения в сторону снижения площадей, соответственно от 8,20 до 7,18 км² (на 1,02 км² или 12,4 %) и от 4,50 до 3,99 км² (на 0,51 км² или 11,3 %). За исследуемый период произошло снижение площади поверхности водного зеркала на 0,66 км² или 2,8 % (рис. 2) [3, 4].

Водосборы озер Ушачской группы значительно преобразованы антропогенной деятельностью. Ушачский район специализируется на производстве сельскохозяйственной продукции, что определяет высокую долю распаханности водосборов (до 70 %) и большое количество сельскохозяйственных объектов на берегах озер. Это приводит к нарушению почвенного и растительного покрова на водосборах, оказывает негативное влияние на формирование водного стока и повышает интенсивный снос веществ в озера. При этом поступление в водоемы соединений азота и фосфора вызывает увеличение биомассы фитопланктона, ухудшает качество воды, приводящее к повышению зарастаемости водоема. Наиболее уязвимыми являются водосборы озер, имеющих высокую долю распаханности и наличие в прошлом точечных источников поступления биогенных элементов — животноводческих ферм [5]. Все это ведет к ухудшению экологического состояния озер Ушачской группы. Наиболее подверженными воздействию оказались озера Вечелье, Черствятское, Отолово.

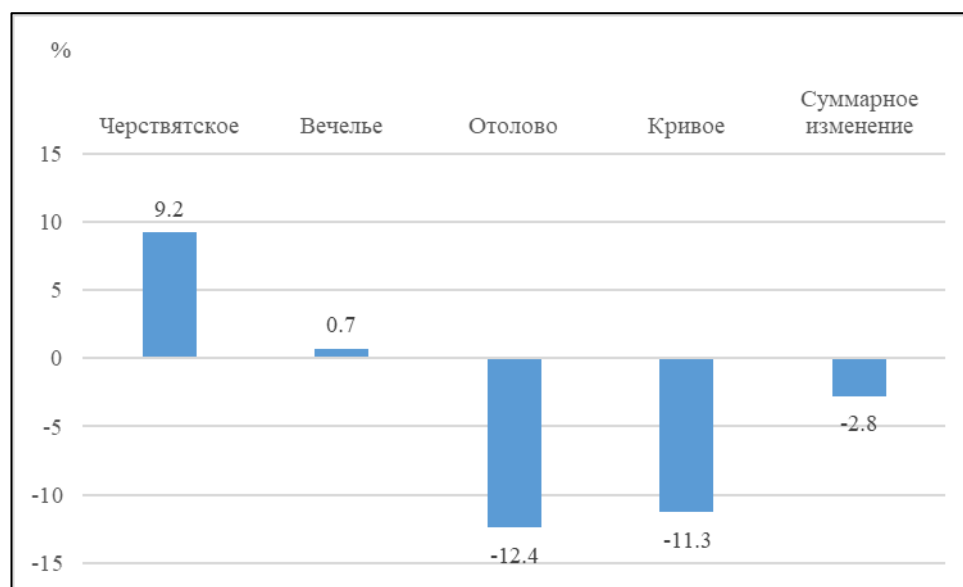


Рис. 2. Изменение среднеарифметической площади поверхности воды исследуемых озер Ушачской группы в период 2018-2022 гг. по сравнению с 2017 г. (в %) [4]

Для определения экологического состояния представленной группы озер был изучен показатель трофности — характеристика местообитания водоема по его биологической продуктивности, обусловленная содержанием биогенных элементов. Индикаторными показателями уровня трофности послужили гидрохимические, гидробиологические, а также такие показатели как прозрачность, содержание хлорофилла А.

Водосбор Ушачской группы отличается одним из наиболее высоких показателей озерности в республике. Здесь не протекает больших и средних рек, а существующие водотоки в основном представлены небольшими

ручьями и межозерными протоками. Это говорит о низкой степени проточности и замедленном водообмене. В приходной части водного баланса исследуемых озер преобладает грунтовое питание, из-за глубокого вреза котловин в пересеченном возвышенном рельефе, что обуславливает незначительные годовые колебания уровней воды.

В результате экспедиционных обследований было проведено определение индикаторных показателей трофности озер Вечелье, Кривое, Черствятское и Отолово в осенний период; проведен сравнительный анализ данных индикаторных показателей трофности в сопоставлении с весенним и летним периодами; получены среднесезонные значения показателей, определен трофический уровень озер на основании имеющихся классификаций трофности по индикаторным показателям и по индексам трофности.

Водородный показатель в исследуемых озерах в осенний период изменялся от 7,0 до 7,7, что не превышает допустимых значений и характеризует среду озер как слабощелочную. Содержание общего фосфора осенью не превышало предельно допустимых концентраций, его наибольшие значения (0,064 и 0,022 мг/дм³) отмечались на озерах Черствятское и Отолово, наименьший (0,011 мг/дм³) на озере Кривое. Осеннее содержание фосфат-ионов, также, как и в предыдущих периодах исследований, отличается крайне низкое во всех озерах и составляет менее 0,07 мгР/дм³, что может свидетельствовать о полном потреблении его в пищевой цепи фитопланктоном для формирования биомассы. Содержание нитрат-ионов в исследуемых озерах значительно различалось, хотя и не превышало ПДК ни в одном из них. Наибольшее содержание нитрат-ионов в осенний период зафиксировано в озере Вечелье — 0,36 мгN/дм³, что в 4-12 раз выше, чем в озерах Кривое, Отолово и Черствятское, где содержание нитрат-ионов составило соответственно 0,003, 0,054 и 0,089 мгN/дм³. В осенний период наблюдается снижение содержания аммоний-ионов, по сравнению с летним периодом, в озерах Вечелье и Отолово. Наибольшее содержание аммоний-ионов в осенний период наблюдается в озере Кривое — 0,048 мгN/дм³, наименьшее — в озере Отолово, 0,016 мгN/дм³. При этом, содержание аммоний-ионов во всех озерах не превышает норматив для поверхностных вод.

При анализе изменения концентрации аммоний-ионов в озерах в весенний, летний и осенний периоды не отмечается общей тенденции ее изменения по озерам. В озере Вечелье и Отолово произошло повышение аммоний-ионов в летний период и снижение в осенний период, по сравнению с весенним, в озере Черствятское наблюдается значительное снижение в летний и осенний периоды по сравнению с весенним, в озере Кривое содержание аммоний-ионов практически не претерпело изменений в весенний и летний периоды и возросло практически в 5 раз в

осенний период. Концентрация аммоний-ионов в озере Черствятское в весенний период на порядок превышала таковую в остальных озерах, что может свидетельствовать о поступлении аммонийных соединений извне, либо об интенсивном разложении органических веществ и вторичном загрязнении.

Содержание нитрат-ионов в осенний период в озерах Кривое, Черствятское и Отолово снизилось по сравнению с летним периодом, в озере Вечелье наблюдалось повышение их содержания по сравнению с летним периодом. Наиболее высокие концентрации нитрат-ионов, как в весенний и летний периоды, так и в осенний период наблюдались в озерах Вечелье и Черствятское, низкие — в озерах Отолово и Кривое (табл. 2).

Таблица 1

**Концентрация химических веществ в озерах Ушачской группы
в осенний период [4]**

Гидрохимический показатель	Вечелье	Кривое	Черствятское	Отолово	ПДК
рН	7,0	7,3	7,7	7,5	
Фосфор общий, мг/дм ³	0,013	0,011	0,064	0,022	0,20
Азот по Кьельдалю, мг/дм ³	30,5	30,5	0,735	30,5	5,00
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,027	0,048	0,021	0,016	0,39
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,36	0,03	0,089	0,054	9,03
Нитрит-ион, мгN/дм ³	30,0025	30,0025	30,0025	30,0025	0,024
Фосфат-ион, мгP/дм ³	0,005	0,005	0,007	0,006	0,066

Проведен анализ индикаторных показателей на оценку уровня трофности за вегетационный период (табл. 3, 4).

Таблица 2

**Средняя концентрация биогенных элементов в озерах Ушачской группы
за вегетационный период [4]**

Гидрохимический показатель	Вечелье	Кривое	Черствятское	Отолово
Азот общий, мг/дм ³	1,669	0,653	1,400	1,472
Фосфор общий, мг/дм ³	0,049	0,012	0,057	0,027
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,037	0,023	0,063	0,023
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,260	0,033	0,156	0,065
Фосфат-ион, мгP/дм ³	0,014	0,005	0,007	0,005

По содержанию общего азота все озера, за исключением озера Вечелье, относятся к эвтрофному типу, Вечелье — к гиперэвтрофному. По содержанию общего фосфора озера Вечелье и Черствятское относятся к эвтрофному типу, Кривое — мезотрофное, Отолово — переходное от мезотрофного к эвтрофному.

Таблица 3

Трофический статус озер Ушачской группы за вегетационный период [4]

Трофический индекс	Вечелье	Кривое	Черствятское	Отолово
Vollenweider (1979)	эвтрофный	мезотрофный	эвтрофный	мезотрофный
Романенко (1985)	мезотрофный	олиготрофный	эвтрофный	мезотрофный
Forsberg, Ryding (1999)	эвтрофный	олиготрофный	эвтрофный	эвтрофный
OECD (1988)	эвтрофный	мезотрофный	эвтрофный	мезотрофный
Tropliiik Level Index	гипер-эвтрофный	мезотрофный	гипер-эвтрофный	эвтрофный
Индекс Карлсона (TSI)	эвтрофный	мезотрофный	гипер-эвтрофный	эвтрофный

Таблица 4

Изменение величины прозрачности воды в течение исследуемого периода [4]

Месяц / озеро	Вечелье	Кривое	Отолово	Черствятское
Май	1,5	5,0	3,0	0,7
Июль	2,2	5,5	3,0	0,7
Август	3,4	2,0	5,0	0,7

Таблица 5

Данные по содержанию хлорофилла А в исследуемых озерах, мкг/л [4]

Месяц / озеро	Вечелье	Кривое	Отолово	Черствятское
Май	1,43	2,45	4,40	2,65
Июль	9,45	9,85	9,10	8,75
Август	1,63	1,10	4,90	19,10

Исходя из полученных данных, по величинам прозрачности, содержанию хлорофилла А, численности и биомассе фито- и зоопланктона за исследуемый период (табл. 5, 6), сделаны выводы по уровням трофности: озеро Кривое по большинству показателей — озеро мезотрофного типа, озеро Вечелье — эвтрофный водоем, озеро Отолово — занимает пограничное положение между мезотрофным и эвтрофным типом, озеро Черствятское — гиперэвтрофный водоем.

Библиографические ссылки

1. Якушко О. Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер северной Беларуси. Мн., 1971. 336 с.
2. Россолимо Л. Л. Основы типизации озер и лимнологического районирования. Накопление веществ в озерах. М. 1964. С. 5-46.

3. Оценка динамики изменения площади связанных с водой экосистем и разработка научно-обоснованных мероприятий для их охраны и восстановления. Установление причин и последствий изменения структуры и состояния связанных с водой экосистем РБ: отчет о НИР / рук. О. М. Таврыкина; исполн. Е. А. Ивашко [и др.]. Мн., 2023. 86 с.

4. Проведение экспериментальных работ по определению индикаторных показателей трофности на 4 озерах в осенний период: отчет о НИР /рук. О. М. Таврыкина; исполн. А. З. Макусь [и др.]. Мн., 2023. 77 с.

5. *Грищенко Н. Д.* Особенности антропогенной трансформации ландшафтов и озерных геосистем Белорусского Поозерья / Н. Д.Грищенко [и др.]. Международная научная конференция «Ландшафтная география в XXI веке», Мн., 2018. С. 26-29.