

УДК 502.211:502.17; 502.13(1-751.1)

ТЕПЛОВОЙ И ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ АЦИДОТРОФНЫХ ОЗЕР БЕЛАРУСИ

Н. Ю. Суховило

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика
Беларусь, sukhoviloNY@bsu.by*

Анализ теплового режима показал усиление термической стратификации в среднеглубоких стратифицированных ацидотрофных озерах. Изменения в газовом режиме проявляются в появлении зон аноксии с сероводородом у дна в стратифицированных водоемах и снижении концентрации растворенного кислорода у дна в нестратифицированных.

Ключевые слова: ацидотрофное озеро; температура воды; термическая устойчивость; растворенный кислород; аноксия.

THERMAL AND GAS REGIME OF ACIDOTROPHIC BELARUSIAN LAKES

N. Yu. Sukhovilo

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus, sukhoviloNY@bsu.by

Analysis of the thermal regime showed an enhance in thermal stratification in medium-deep stratified acidotrophic lakes. Changes in the gas regime are expressed in the appearance of anoxia zones with hydrogen sulfide at the bottom in stratified lakes and a decrease in the concentration of dissolved oxygen at the bottom in non-stratified ones.

Keywords: acidotrophic lake, water temperature, thermal stability, dissolved oxygen, anoxia.

В уникальных для Беларуси ацидотрофных озерах, характеризующихся небольшими площадями акваторий и водосборов, обладающих низкой минерализацией воды и концентрацией других растворенных веществ [1], именно температура воды является фактором, во многом определяющим протекание внутриводоемных процессов.

Географическое положение (рисунок 1) исследуемых озер в умеренном климатическом поясе обуславливает наличие 5 фаз термического режима: весеннего нагревания, весенне-летнего нагревания, осеннего охлаждения, зимнего охлаждения и зимнего нагревания.

Климатические изменения, вызывающие более сильный летний прогрев воды, в сочетании с другими благоприятными факторами могут представлять опасность для озер, связанную с перестройкой лимнических процессов.

Несмотря на схожие зональные условия формирования теплового режима озер, существуют различия, обусловленные морфометрическими особенностями котловин. К стратифицированным среди исследуемых озер относятся Ильгиния, Глубокое, Белое (Полоцкий район), Белое (Лунинецкий район), Свитязь. Нестратифицированными водоемами являются Бредно, Чербомысло, Большое Островито. В них даже в жаркую погоду наблюдается состояние, близкое к гомотермии.



Рис. 1. Картограмма расположения объектов исследования

В озерах, глубина которых превышает 10 м, температурная и кислородная стратификация выражены четко, что можно увидеть на рисунке 2 на примере озера Ильгиния. Из рисунка видно, что 03.08.2023 эпилимнион в озере Ильгиния достигал мощности 4 м. Температура воды в нем менялась слабо: с 22,2 °С у поверхности до 21,8 °С у нижней границы. Ниже располагался металимнион, занимавший глубины до 10 м. Температура воды в нем снижалась до 7,2 °С. Гиполимнион с температурами 7,2–5,4 °С располагался на глубинах 10–15,6 м. Растворенный кислород отсутствовал глубже 8 м, начиная с глубины 9 м вода приобрела запах сероводорода, который ко дну усиливался. Аналогичные явления отмечались летом 2022 и 2023 гг. в озерах Свитязь на глубинах более 9 м и Белое (Лунинецкий район) на глубинах свыше 13 м.

Единственное стратифицированное озеро с относительно благоприятным кислородным режимом в летнюю стагнацию — Глубокое, где

06.08.2023 при ярко выраженной температурной стратификации с перепадом температур от поверхности ко дну 14,4 °С концентрация растворенного кислорода у дна не опускалась ниже 6,3 мг/дм³, что соответствует 54 % насыщения.

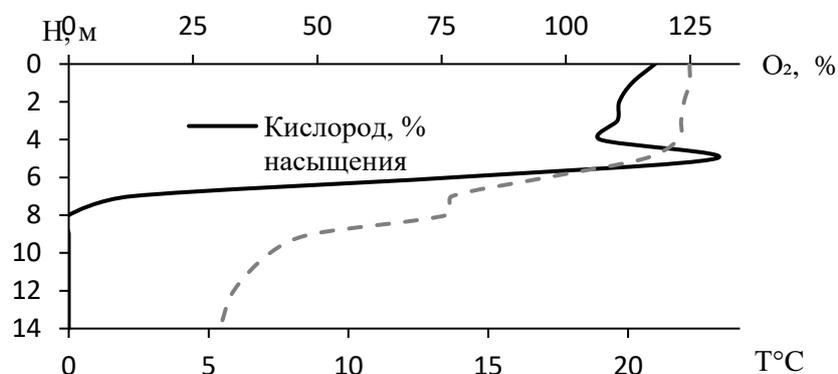


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры воды и растворенного кислорода в озере Ильгиния 03.08.2023

Примером нестратифицированных озер является озеро Чербомысло. Общий перепад температур между поверхностью воды и придонным слоем на глубине 5 м составлял всего 1,1 °С, как показано на рисунке 3 [2]. Несмотря на отсутствие термической стратификации, содержание растворенного кислорода на глубинах 4–5 м резко снижалось. Это может быть объяснено его потреблением на разложение органического вещества в придонном слое.

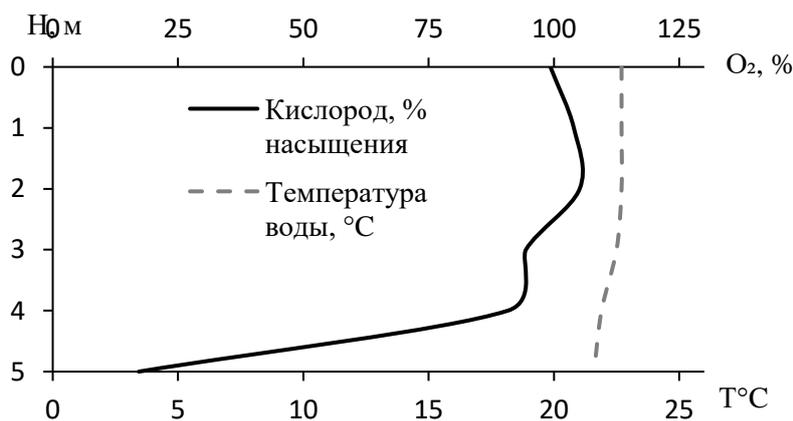


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры воды и растворенного кислорода в озере Чербомысло 28.07.2022

Важным параметром, влияющим на скорость перемешивания, является устойчивость водной массы. Общая устойчивость озер определяется

как работа, которую необходимо совершить для перевода озера в состояние гомотермии в адиабатических условиях. На рисунке 4 представлен график зависимости термической устойчивости водной массы от глубины водоема.

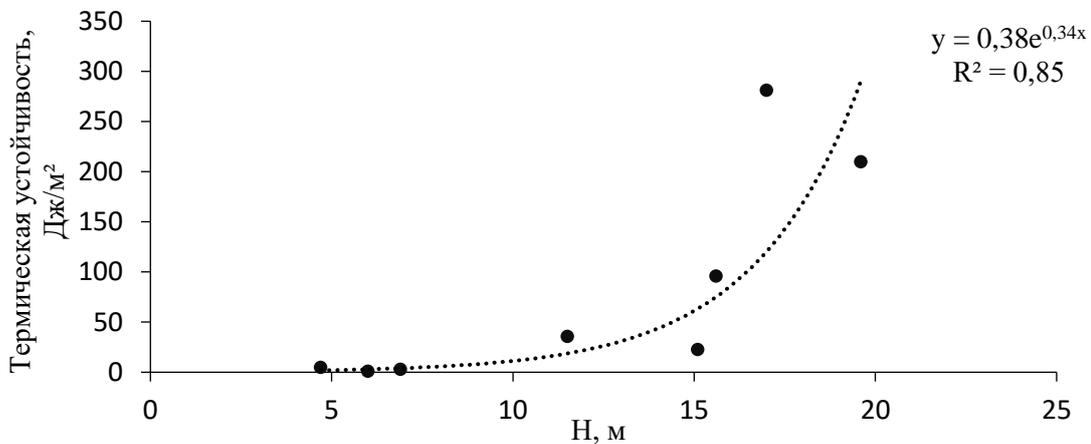


Рис. 4. Зависимость термической устойчивости водной массы от максимальной глубины озера

Выявленная зависимость носит экспоненциальный характер с корреляционным отношением 0,76 и достоверностью аппроксимации 0,85. Максимальная термическая устойчивость водной массы во время наблюдений за температурой воды до 2022 г. была зафиксирована в озере Белое (Лунинецкий район). Ее величина достигала 270 Дж/м². Несмотря на более значительную глубину озера Белого (Полоцкий район), термическая устойчивость его водной массы была ниже и составляла 196 Дж/м². Это связано с лучшими условиями вертикального и горизонтального водообмена вследствие большой площади водной поверхности, различающейся для этих водоемов в 4,5 раза. В мелководных нестратифицированных озерах термическая устойчивость была близка к нулю. Так, в озере Бредно ее величина составила 2 Дж/м², в озере Чербомысло — 0,83 Дж/м².

Следует отметить, что за период потепления климата в большинстве озер термическая устойчивость возросла, как показано на рисунке 5. Исключение составляют озера Свитязь, полевые исследования на котором проходили при невысокой температуре воздуха около +18 °С, а также Чербомысло, на котором в период проведения полевых работ происходило ветровое перемешивание. В нестратифицированных озерах Бредно и Большое Островито термическая устойчивость изменилась несущественно, в озере Глубокое возросла в 3 раза (с 11,87 до 35,64 Дж/м²), в озере Белое (Лунинецкий район) достигла 281,3 Дж/м² [3].

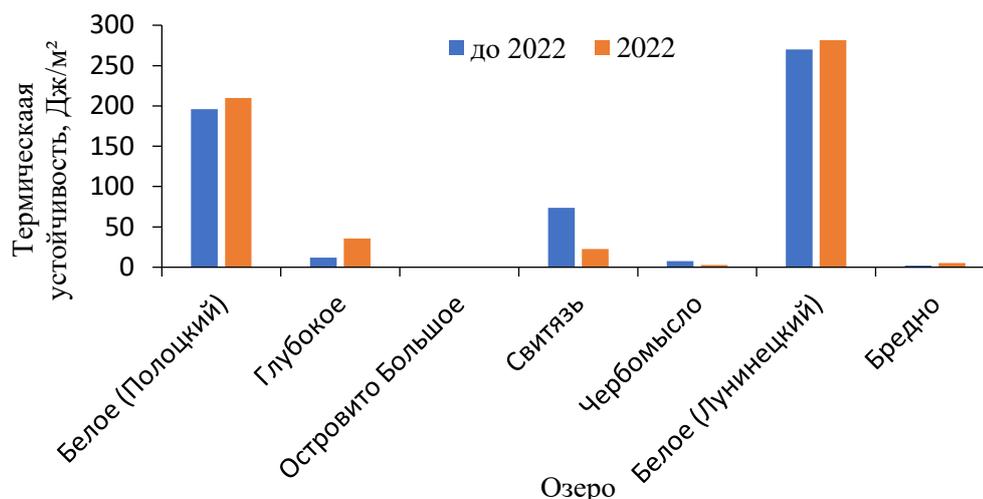


Рис. 5. Изменение термической устойчивости в исследуемых озерах

В настоящее время одним из главных последствий роста температур воды в озерах является изменение их газового режима. Если температурная стратификация в мелководных озерах с малой площадью водной поверхности появляется только при очень жаркой безветренной погоде, то кислородная стратификация весьма четко выражена во всех исследуемых озерах, кроме озер Глубокое и Белое (Полоцкий район), где летом 2022 г. на глубине 18 м концентрация кислорода составила $9,4 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует 79,2 % насыщения, однако в 2023 г. глубже 12 м кислород отсутствовал. Это свидетельствует о неустойчивости его газового режима. Для его улучшения при жаркой антициклонической погоде рекомендуется проводить аэрацию водной массы.

Библиографические ссылки

1. Озера Беларуси: Справочник. / Б. П. Власов [и др.] // Минск: БГУ, 2004. 284 с.
2. Гидрохимический режим ацидотрофных озер Беларуси в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки / Н. Ю. Суховило, А. И. Мороз, А. А. Новик, Д. Б. Власова // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2023. № 2. С. 47-58.
3. Уязвимость экосистем ацидотрофных озер Беларуси – мест обитания охраняемых видов флоры и фауны – к климатическим изменениям: отчет о НИР (промежут.) / БГУ; рук. Н. Ю. Суховило. Минск, 2023. 76 с. № ГР 20221196.