

# МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХАРОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ОЗ. НАРОЧЬ

**Н.В. Борейко**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

*boreyko.natali@mail.ru*

*науч. рук. – Т. А. Макаревич, канд. биол. наук, доц.*

Определены такие морфофункциональные показатели харовых водорослей, как обводненность, зольность, удельная поверхность. Установлены закономерные изменения названных показателей в сезонном аспекте, а также в зависимости от глубины произрастания. Также определены и сопоставлены видовые различия морфофункциональных показателей *Charasp.* и *Nitellopsissp.*

**Ключевые слова:** макрофиты; харовые водоросли; обводненность; зольность; удельная поверхность; сезонная динамика.

Прибрежные макрофиты являются важным компонентом пресноводных экосистем, так как оказывают существенное влияние на биотический круговорот (являются продуцентами и поставщиками значительной части первичной продукции) [1], а также участвуют в процессах формирования качества воды (образуют естественный биофильтр между водосбором и водоемом, осаждая и накапливая загрязняющие вещества)[2].

Обычно роль макрофитов в водных экосистемах анализируют по величине биомассы, в настоящее время становится актуальной оценка площади поверхности. Жизненный процесс организма (а в нашем случае макрофита) отражается такими интегральными показателями, как линейный рост и рост массы [3].

Одним из показателей дисперсности живого вещества можно считать отношение живой поверхности к массе – величину удельной поверхности.

Известно, что интенсивность роста макрофита, связанная с поступлением питательных веществ, коррелирует с величиной его удельной поверхности [3]. Кроме этого, величина удельной поверхности, наряду с концентрацией в тканях питательных веществ, определяет трофический статус растения.

Площадь метаболической поверхности, а также удельная поверхность (соотношение площади поверхности к массе) относятся к наиболее важным морфофункциональным показателям, т.к. поверхность погруженных макрофитов выступает в качестве биоконтур, осуществляющего обменные процессы со средой[4].

Еще одной из причин, определяющей важность изучения морфологии макрофитов является то, что макрофиты служат основным субстратом для развития перифитона (касаемо озер умеренных широт). Суммарная поверхность растительных сообществ определяет размеры жизненного

пространства для прикрепленных сообществ. На основе этого оценивается роль перифитона в продукционном процессе.

Скорость и интенсивность включения биомассы макрофитов в биотический круговорот в значительной степени зависят от соотношения в ней между органической и минеральной фракциями, которое определяют по величине зольности[2]. Зольность является косвенным показателем, характеризующим энергетическую и трофическую ценность, биохимическую лабильность биомассы макрофитов [5].

**Материал и методы.** В нашем исследовании для расчета обводненности пробы были взвешены в сыром (предварительно обсушив на фильтровальной бумаге до исчезновения капельножидкой воды) и сухом виде (после естественного высыхания получили воздушно–сухую массу, после сушки в сушильном шкафу при температуре 70°C до постоянной массы –абсолютно сухую массу).

Площадь поверхности харовых водорослей определяли методом геометрического подобия.

Высушенные до постоянного веса образцы хары измельчалив фарфоровой ступке в порошкообразную массу. Из этой массы отбирали навески (по три параллельные для каждой пробы) для определения зольности харовых водорослей стандартным методом прокаливания в муфельной печи.

Результаты. Было выявлено, что обводненность харовых водорослей повышается к осени и максимального значения достигает к весне (таблица 1).

*Таблица 1*

**Морфофункциональные показатели харовых водорослей в различные сезоны года. Приведены средние значения ± стандартное отклонение. Пробы отобраны в озере Нарочь на глубине 0,5 м**

Дата	Обводненность, %	Зольность, %	Удельная поверхность относительно сырой массы, см <sup>2</sup> /г	Удельная поверхность относительно абсолютно сухой массы, см <sup>2</sup> /г
24.07.2018	71,2 ± 3,0	65,6 ± 2,6	62,7 ± 18,4	222,0 ± 8,5
25.09.2018	73,5 ± 0,2	70,0 ± 0,7	42,6 ± 3,6	161,0 ± 14,0
05.03.2019	80,8 ± 2,4	62,1 ± 1,1	39,1 ± 4,0	187,9 ± 14,2
22.04.2019	81,4 ± 2,6	64,4 ± 1,0	39,6 ± 2,1	243,0 ± 13,3
19.07.2019	75,6 ± 1,3	65,2 ± 2,0	52,3 ± 0,4	214,7 ± 11,6
26.09.2019	76,3 ± 2,5	68,9 ± 1,7	43,2 ± 0,7	182,4 ± 10,6
06.11.2019	76,3 ± 0,2	69,0 ± 2,2	40,8 ± 1,2	160,2 ± 4,9
25.03.2020	77,1 ± 1,0	63,0 ± 1,2	41,9 ± 0,4	182,9 ± 7,6

Возрастание доли влаги в талломах хары может быть обусловлено меньшей вегетацией талломов после завершения летнего сезона (в осен-

ний период), а в зимне–весенний период хара физиологически наиболее истощена, наблюдается частичное отмирание талломов. В это время фотосинтез либо крайне низкий, либо вообще не идет.

Со сменой сезонов года заметны существенные различия содержания минеральных веществ в биомассе талломов. Самые высокие показатели зольности зарегистрированы осенью –около 70%, самые низкие –весной –около 60%. Это объясняется тем, что в течение вегетационного периода идет осаждение и накопление карбонатов, сопряженное с процессом фотосинтеза. Накопившись за лето, концентрация карбонатов осенью достигает максимальной величины, а к весне теряется (частично растворяясь, а также при отмирании участков таллома) и величина зольности снижается.

Расчет удельной поверхности производился относительно не только сырой массы (живая поверхность), но и относительно абсолютно сухой массы (мертвая поверхность). Со сменой сезонов года удельная поверхность харовых водорослей относительно сырой массы изменяется в пределах от 39,15 см<sup>2</sup>/гдо 62,65 см<sup>2</sup>/г и абсолютно сухой массы от 160,16 см<sup>2</sup>/гдо 222,01 см<sup>2</sup>/г (см. таблицу 1).

Наибольшую удельную поверхность относительно сырой массы хара имеет в летний сезон, поскольку в это время хара активно вегетирует. Далее величина удельной поверхности снижается к осени (это объясняется ростом массы по причине накопления карбонатов) и наименьшей величины достигает в зимне–весенний период (в это время наблюдается наибольшая обводненность, следовательно, масса также возрастает). Изменение удельной поверхности относительно абсолютно сухой массы имеет похожий вид. Исключение составил подледный период (05.03.2019), когда не регистрировалось снижение удельной поверхности относительно абсолютно сухой массы. Причиной этого, как уже отмечалось, является высокая обводненность талломов в это время.

Рассмотрим изменение морфофункциональных показателей харовых в зависимости от глубины их произрастания (таблица 2). В диапазоне глубин 2–6 м обводненность закономерно возрастает с увеличением глубины. Величина обводненности у харовых водорослей в прибрежной зоне (0,5 м) существенно выше, чем на глубине 2 и 4 м. Мы предполагаем, что это связано с тем, что в прибрежной зоне харовые водоросли представлены одним видом *Charafragilis*, тогда как на других глубинах в исследуемых образцах присутствовали и другие виды харовых водорослей.

Зольность на глубине 0,5 м и 2 м держится практически на одном уровне: 65,2% и 65,6% соответственно. На глубине 4 м и 6 м наблюдается небольшой рост зольности: 69,9% и 70,2%. Таким образом, можно предположить, что с увеличением глубины зольность также возрастает.

Таблица 2

**Морфофункциональные показатели харовых водорослей на различных глубинах. Приведены средние значения  $\pm$  стандартное отклонение. Пробы отобраны 19.07.2019 с глубины 0,5 м, 13.07.2019 – с глубины 2, 4 и 6 м**

Глубина	Обводненность, %	Зольность, %	Удельная поверхность относительно сырой массы, см <sup>2</sup> /г	Удельная поверхность относительно абсолютно сухой массы, см <sup>2</sup> /г
0,5 м	75,6 $\pm$ 1,3	65,2 $\pm$ 2,0	52,32 $\pm$ 0,4	214,68 $\pm$ 11,6
2 м	71,6 $\pm$ 0,2	65,6 $\pm$ 2,0	53,91 $\pm$ 0,2	189,97 $\pm$ 0,9
4 м	73,3 $\pm$ 0,8	69,6 $\pm$ 1,2	61,62 $\pm$ 7,0	231,66 $\pm$ 29,0
6 м	77,6 $\pm$ 0,5	70,2 $\pm$ 0,7	78,58 $\pm$ 2,4	347,77 $\pm$ 12,0

С ростом глубины от 0,5 м до 6 м удельная поверхность возрастает с 52,3 см<sup>2</sup>/г до 78,6 см<sup>2</sup>/г сырой массы. Такая же динамика наблюдается относительно абсолютно сухой массы (189,9–231,7–347,8 см<sup>2</sup>/г) за исключением проб с прибрежной зоны (214,7 см<sup>2</sup>/г). Площадь поверхности может увеличиваться при уменьшении света, что связано с ростом глубины [6]. Также увеличение площади поверхности обратно связано с температурой воды [7], как известно, она понижается с ростом глубины.

*Nitellopsissp.* обладает близкой обводненностью, меньшей зольностью, чем *Charasp* (таблица 3). Также, исходя из полученных результатов, можно заключить, что *Nitellopsissp.* обладает меньшей удельной поверхностью относительно сырой и абсолютно сухой масс, чем *Charasp*. Вероятно, это следствие меньшей рассеченности таллома у *Nitellopsissp.*

Таблица 3

**Морфофункциональные показатели харовых водорослей. Приведены средние значения  $\pm$  стандартное отклонение. Пробы отобраны в озере Нарочь 16.07.2019, глубина 6 м**

Макрофит	Обводненность, %	Зольность, %	Удельная поверхность относительно сырой массы, см <sup>2</sup> /г	Удельная поверхность относительно абсолютно сухой массы, см <sup>2</sup> /г
<i>Charasp.</i>	77,4 $\pm$ 0,5	70,2 $\pm$ 0,7	78,6 $\pm$ 2,4	347,8 $\pm$ 12,0
<i>Nitellopsissp.</i>	78,9 $\pm$ 1,5	60,3 $\pm$ 2,1	64,6 $\pm$ 1,5	306,8 $\pm$ 28,4

Таким образом, в данном исследовании было показано, что харовые водоросли обладают сезонной динамикой морфофункциональных характеристик: обводненность возрастает в весенний период, зольность увеличивается в осенний сезон, а удельная поверхность максимальна летом. Выявлено изменение морфофункциональных показателей в зависимости от глубины произрастания: максимальная обводненность наблюда-

ются у образцов с глубины 6 м, водоросли с прибрежной зоны имеют также высокий уровень обводненности; зольность и удельная поверхность достигают наибольшей величины на глубине 6 м. Найдены видо-вые различия морфофункциональных показателей харовых водорослей: *Nitellopsis* sp. обладает немного большей обводненностью, меньшей зольностью и удельной поверхностью относительно сырой и абсолютно сухой массы по сравнению с *Chara* sp.

#### Библиографические ссылки

1. Экологическая система Нарочанских озер / под ред. Г. Г. Винберга. Мн., 1985.
2. *Боговая Н.А., Борейко Н.В.* Зольность массовых видов макрофитов нарочанских озер // 76-я Научная конференция студентов и аспирантов БГУ. Минск. 13–24 мая 2019 г. Минск, 2019. Часть 1. С. 287–298.
3. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей / К.М. Хайлов [и др.]. Киев: Наукова думка, 1992.
4. *Макаревич Т.А., Боговая Н.А., Борейко Н.В.* К оценке метаболической поверхности погруженных макрофитов в озерах // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Национальный парк «Нарочанский». 9 – 11 октября 2019. С. 161–166.
5. Макрофиты в метаболизме экосистемы озера Нарочь / А. П. Остапеня [и др.] // Проблемы гидроэкологии на рубеже веков: тезисы докл. 2-й междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 11–15 октября 2000 г. СПб., 2000. С. 220.
6. *Spence D.H.N., Campbell R.M., Chrystal J.* Specific Leaf Areas and Zonation of Freshwater Macrophytes // *Journal of Ecology*. 1973. Vol. 2, № 61. P. 317–328.
7. *Johnson M.P.* Temperature Dependent Leaf Morphogenesis in *Ranunculus flabellaris* // *Nature*. 1967. № 214. P. 1354–1355.