

УДК [58.009:504.738]:574.55:504.455

ФИТОМАССА И ПРОДУКЦИЯ МАКРОФИТОВ В ОЗЕРАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

© 2025 г. С. Э. Латышев^{а, *}

^аВитебский государственный университет им. П.М. Машиерова, Витебск, Республика Беларусь

*e-mail: slatyshhev86@gmail.com

Поступила в редакцию 06.04.2024 г.

После доработки 09.07.2024 г.

Принята к публикации 20.08.2024 г.

Обобщены данные о продукционных особенностях представителей водной растительности в озерах Белорусского Поозерья. Для 43 макрофитов приведены показатели фитомассы, воздушно-сухой массы, продуктивности, числа экземпляров в зависимости от классов проективного покрытия. Полученные для Белорусского Поозерья величины фитомассы и воздушно-сухой массы находятся в пределах диапазонов значений для других природных территорий Республики Беларусь. Сопоставление величин фитомассы водных растений обследованных водоемов с таковыми из других регионов выявило наибольшее сходство продукционных особенностей макрофитов Белорусского Поозерья с Республикой Коми, Верхним Поволжьем, Северо-Западом России и Республикой Бурятия. Проанализированы показатели фитомассы, проективного покрытия и численности у 16 видов в разнотипных озерах, установлены достоверные различия для *Phragmites australis*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton lucens*, *Persicaria amphibia*, *Equisetum fluviatile*, *Schoenoplectus lacustris*. У 20 из 28 видов получены достоверные значимые или высокие значения коэффициентов корреляции и регрессии взаимосвязанности показателей фитомассы с параметрами проективного покрытия и (или) плотностью зарастания.

Ключевые слова: Белорусское Поозерье, водная растительность, макрофиты, фитомасса, продукция

DOI: 10.31857/S0320965225020065, **EDN:** AVFGPW

ВВЕДЕНИЕ

Водная растительность является важным компонентом экосистем и оказывает значительное влияние на жизнь гидробионтов и состояние водоемов. Представители водной флоры создают условия обитания, образуют первичную продукцию и кислород для водных животных (Гигевич и др., 1999; Матвеев и др., 2005; Соловьева и др., 2019). В результате своей жизнедеятельности макрофиты извлекают из воды и грунтов различные химические элементы, тем самым участвуя в круговороте веществ, выступают в качестве биоиндикаторов, способствуют в очистке водоемов, но в то же время могут быть объектами вторичного загрязнения водных экосистем (Остроумов, 2004; Абакумов, 2007; Кудряшов и др., 2008; Вейсберг, Исакова, 2022). В результате хозяйственной деятельности, водная растительность широко применяется для получения пищевой, медицинской, кормовой и технической продукции (Гигевич и др. 1999, 2001; Власов, 2004).

Зарастание, следовательно, и степень участия водной растительности в функционировании водных экосистем определяется продукционными

особенностями растений (Папченков, 2001). Данные по изучению фитомассы и продукции водной флоры для Республики Беларусь немногочисленны. Водную растительность Белорусского Поозерья и ее продукционные характеристики изучали исследователи (Мартыненко, 1972; Мартыненко, Латышев, 2006; Латышев и др., 2013; Власов и др., 2020). Последние комплексные данные о разнообразии и продуктивности сообществ водной растительности класса Phragmito-Magnocaricetea для Республики Беларусь отражены в работе Я.М. Степановича (Stsepanovich, 2000). Также получены данные по фитомассе и продуктивности различных видов водной растительности при изучении определенных объектов и территорий (Захаренкова, 1959; Жукова и др. 2009, 2016а, 2016б; План..., 2012) и проведении мониторинговых исследований (Национальная..., 2020, 2022).

Цель данной работы – охарактеризовать продукционные особенности представителей макрофитов Белорусского Поозерья, получить диапазоны значений показателей фитомассы для разных видов и выявить связь фитомассы с величинами проективного покрытия и плотности зарастания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Белорусское Поозерье расположено на севере Беларуси (координаты 54°34′–56°10′ с.ш. и 25°40′–31° в.д.) на Восточно-Европейской равнине, занимает площадь 4.1 млн га (Марцинкевич и др., 1989). Важнейшая особенность геоморфологии данного региона – молодость рельефа, современное состояние которого сформировано последней ледниковой эпохой, позднеледниковьем и голоценом. Абсолютные высоты варьируют от 120 м в центре до 290 м на Витебской возвышенности (Якушко, 1981).

Климат умеренно-теплый, влажный. Средняя температура июля +17.5°C, средняя температура января от –6 до –8°C. Средняя годовая сумма осадков 600–650 мм. Число дней вегетационного периода, с температурой >5°C варьирует от 190 на северо-западе до 179 на северо-востоке (Каропа, 2010).

На территории региона насчитывается >3.5 тысяч озер, основная часть которых относится к бассейну р. Западная Двина, а также бассейнам рек Неман и Ловать (Якушко, 1981). Основой для работы послужили данные о продукционно-количественных показателях представителей водной растительности 27 озер Белорусского Поозерья (охватывающем территориально 11 районов Витебской обл. Республики Беларусь), полученные за период 2010–2021 гг. (табл. 1, рис. 1).

Площадь обследованных водоемов варьирует от 0.06 до 27.4 км², объем от 1.6 до 84.7 млн м³ (Dzis’ko, 1994). Основные морфометрические показатели водоемов представлены в табл. 1.

Прозрачность воды по диску Секки колеблется от 0.6 до 6 м, среди объектов встречаются озера мезотрофного, эвтрофного и дистрофного типа. Трофический статус водоемов определяли по

Таблица 1. Основные морфометрические показатели обследованных озер

Озеро	№	S	V	Пр.	H	Индекс	Статус
Белое	1	2.4	11.76	3.6	4.9	42	Мезотрофное
Берново	2	2.8	18	2.4	6.4	47	Эвтрофное
Бродонок	3	0.07	–	2.5	–	46	Мезотрофное
Будовесь	4	3.41	17.56	2.4	5.15	47	Тот же
Буевское	5	0.72	4.49	1	6.2	59	Эвтрофное
Ведето	6	4.68	20.5	3.2	4.4	43	Мезотрофное
Вымно	7	7.24	31.46	1	4.3	60	Эвтрофное
Даубле	8	1.64	13.1	1.7	8	52	Тот же
Девинское	9	2	9.73	1.3	4.9	56	–«–
Декало	10	0.17	–	1	–	60	–«–
Добеевское	11	2.31	1.65	0.6	0.7	67	Дистрофное
Домановское	12	0.28	–	1.2	–	57	Тот же
Езерище	13	15.39	66.95	0.9	4.4	62	Эвтрофное
Княжно	14	0.06	–	3.6	–	41	Мезотрофное
Кривое	15	4.5	43	5.8	9.6	35	Тот же
Лесковичи	16	0.72	4.83	2.5	6.7	47	–«–
Лосвидо	17	11.42	82	2.4	7.2	47	–«–
Нещердо	18	27.4	84.7	1	3.1	60	Эвтрофное
Соро	19	5.31	60.5	3	11.4	44	Мезотрофное
Свядово	20	0.74	3.33	2.5	4.5	47	Тот же
Сосна	21	0.71	4.72	3.5	6.6	42	–«–
Тиосто	22	5.35	21.8	1.8	4.1	51	Эвтрофное
Черново	23	3.18	22.91	3.4	7.2	42	Мезотрофное
Черное	24	1.56	1.6	1.7	1	52	Дистрофное
Черствятское	25	9.36	20.7	0.9	2.2	62	Эвтрофное
Ямно	26	0.92	2.15	0.5	2.3	70	Тот же
Яновичское	27	1.46	5.65	0.9	3.9	60	–«–

Примечание. S – площадь, км²; V – объем воды, млн м³; Пр. – средняя прозрачность, м; H – средняя глубина, м; Индекс – индекс Карлсона; Статус – трофический статус “–” – данные отсутствуют.

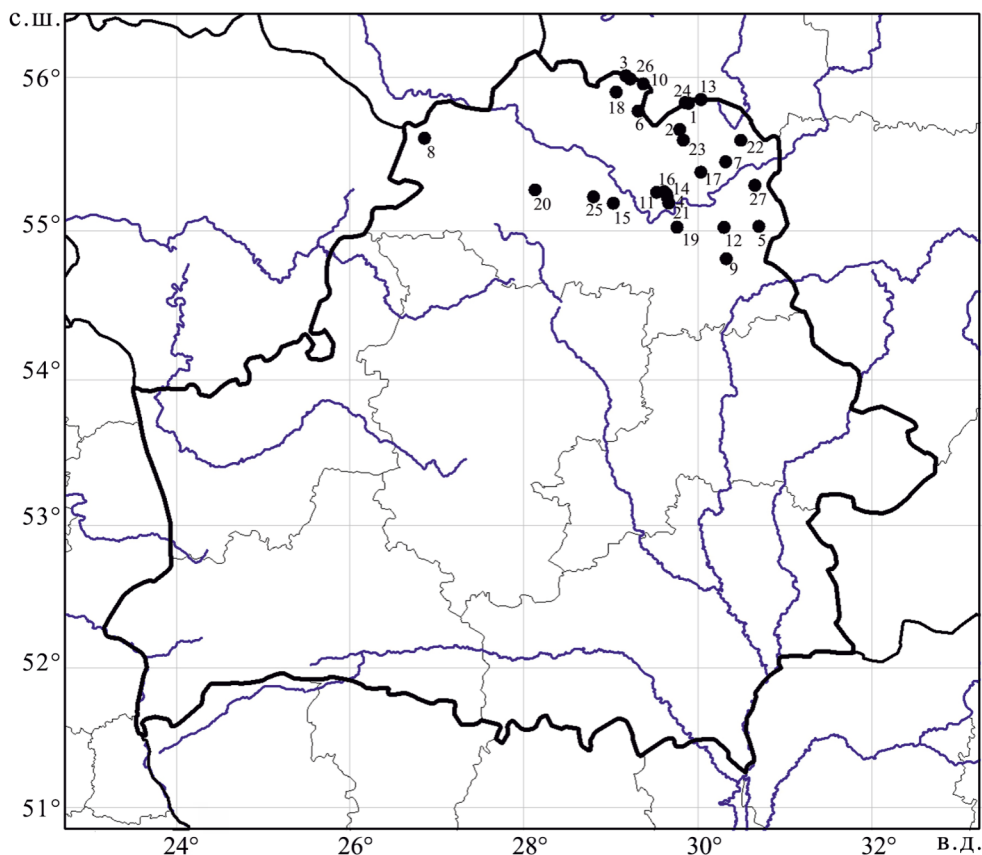


Рис. 1. Локализация мест сбора материала. Названия водоемов в местах сбора (№ 1–27) даны в табл. 1.

данным научно-исследовательской лаборатории озероведения БГУ и литературным источникам (Carlson, 1977; Лопух и др., 2011). По степени минерализации обследованные водоемы относятся к среднеминерализованным с содержанием растворенных веществ 181.3–325 мг/л¹ по классификации О.А. Алекина (1970) принадлежат гидрокарбонатному классу кальциевой группы.

Локализация мест сбора материала. Укосы водных растений проводили преимущественно в монодоминантных зарослях. Образцы отбирали на укосных площадках размером 1 м², укореняющиеся растения срезали на уровне грунта, свободноплавающие собирали с поверхности воды или на глубине их произрастания при помощи водных грабелек и путем погружения с использованием легкого водолазного оборудования (Катанская, 1981). Отбор укосов макрофитов в озерах Берново, Будовесь, Вымно, Добеёвское, Езерище, Княжно, Лесковичи, Лосвидо, Соро, Сосна, Тиосто, Черново проводили в 2010–2012 гг.,

затем дополнительно в 2019–2021 гг., т. е. суммарно 6 раз. Озера Белое, Черное и Ямно изучали в 2013 г., Бродонок, Декало, Нешердо, Ведето – в 2014 г., Черствятское и Девинское – в 2015 г., Кривое и Даuble – в 2016 г., Свядово – в 2018 г., Яновичское и Буевское – в 2020 г., Домановское – в 2021 г. Также для повторного наблюдения в озерах Белое, Черное, Ведето, Черствятское и Кривое был проведен отбор укосов в 2020 г. Фитомассу представителей водной растительности исследовали в период их наибольшего развития – с конца июля по начало сентября. Отобранные пробы помещали в марлевые мешки, взвешивали для получения данных по сырой фитомассе, после чего высушивали до получения воздушно-сухой массы. На основании полученных данных по воздушно-сухой биомассе рассчитывали продукцию видов водной растительности с применением следующих коэффициентов: для гидрофитов – 2.5; для высокотравных гелофитов – 1.2; для низкотравных гелофитов – 2.3; для манника и осок – 2; для харовых водорослей – 0.75 (Папченков, 2003а; Адамович и др., 2017). Для пересчета литературных данных в показатели воздушно-сухой массы из абсолютно-сухой использовали коэффициенты И.Л. Кореляковой (1977).

Проведению статистического анализа данных предшествовала проверка соответствия значений

¹ Ежегодник качества поверхностных вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям на территории Республики Беларусь. 2009–2022. Минск. Государственное учреждение “Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды”.

нормальному распределению по критерию Шапиро–Уилка ($p > 0.05$) и гомогенности дисперсии по критерию Левене ($p > 0.05$) с использованием программ PAST и STATISTICA (Халафян, 2007; Ковалев, Игнатенко, 2018; Сушко, Литвенкова, 2019). Для выявления взаимосвязей анализируемых параметров применяли корреляционно-регрессионный анализ. В качестве заметных принимали коэффициенты с диапазоном 0.5–0.7, в качестве высоких – ≥ 0.7 . Поскольку распределение большинства данных отличалось от нормального, при проведении корреляционного анализа использовали непараметрические методы. При проведении регрессионного анализа определяли линейную зависимость величины фитомассы от проективного покрытия или числа экземпляров (либо обоих этих параметров). В случае высокой корреляционной связи между числом экземпляров и проективным покрытием для устранения мультиколлинеарности построение регрессионной модели линейной зависимости проводили по каждому из этих параметров по отдельности.

При определении достоверности различий между сравниваемыми группами применяли методы параметрической статистики (критерий

Стьюдента для сравнения двух независимых выборок, one-way ANOVA при сравнении более двух выборок) и непараметрические методы (критерий Манна–Уитни для сравнения двух выборок, коэффициент Спирмена для установления корреляционных взаимосвязей, тест Краскела–Уоллиса при проведении однофакторного дисперсионного анализа).

Для удобства предоставления информации представителей водной растительности распределяли по экологическим группам и классам проективного покрытия (Папченков, 2003а). За период наблюдений было отобрано и обработано 974 укоса: 26 – водных мхов и харовых водорослей, 548 – гидрофитов, 359 – гелофитов, 41 – ги-рогелофитов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках классов проективного покрытия показатели сырой фитомассы водных мхов и харовых водорослей варьируют в пределах 100–790 г/м². Средние значения фитомассы составляют 165–542 г/м², воздушно-сухой массы – 38–80 г/м², продукции – 30–150 г/м² (табл. 2).

Таблица 2. Средние значения фитомассы и численности представителей водной растительности Белорусского Поозерья при различном проективном покрытии

Вид	n	I				II	III	IV
		≤30	31–60	61–90	100			
Водные мхи и харовые водоросли								
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	4	–	320	–	760	542	60	150
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	4	–	–	270	400	320	38	95
<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv.) J. Groves	14	100	250	570	790	510 ± 340	80 ± 54	60
<i>Chara</i> sp.	4	–	123	–	250	165	40	30
Гидрофиты								
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	69	352	570	1044	1485	827 ± 551	118 ± 79	295
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	26	210	427	647	–	430 ± 256	57 ± 34	143
<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle	3	180	260	–	–	207	28	70
<i>Myriophyllum sibiricum</i> Kom.	50	255	830	1215	2000	951 ± 814	153 ± 131	383
<i>M. spicatum</i> L.	10	250	420	508	–	421 ± 224	68 ± 36	170
<i>Najas major</i> All.	6	–	320	–	960	540 ± 350	77 ± 50	193
<i>N. minor</i> All.	4	–	380	450	–	440	63	158
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	120	<u>580</u> 7	<u>423</u> 17.7	<u>904</u> 33.4	<u>1255</u> 32	<u>760 ± 455</u> 27.5 ± 15.4	141 ± 84	353
<i>Nymphaea candida</i> C.Presl	12	–	<u>600</u> 8	<u>746</u> 31	–	<u>734 ± 346</u> 29 ± 14	122 ± 58	305
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre	36	150	615	823	–	713 ± 309	152 ± 68	380
<i>Potamogeton compressus</i> L.	2	–	–	1300	–	1300	260	650
<i>P. lucens</i> L.	84	<u>370</u> 5.4	<u>634</u> 6.8	<u>1887</u> 14.7	<u>2147</u> 16	<u>649 ± 564</u> 6.6 ± 4.2	93 ± 81	233

Окончание таблицы 2.

Вид	n	I				II	III	IV
		≤30	31–60	61–90	100			
<i>P. natans</i> L.	24	95	395	1360	–	483 ± 433	97 ± 87	243
<i>P. perfoliatus</i> L.	50	$\frac{213}{4.2}$	$\frac{372.5}{9.5}$	$\frac{440}{20}$	1200	$\frac{252 \pm 207}{5.9 \pm 4.6}$	49 ± 46	123
<i>P. praelongus</i> Wulfen	2	$\frac{85}{1.5}$	–	–	–	$\frac{85}{1.5}$	17	43
<i>P. rutilus</i> Wolfg.	2	–	590	–	–	590	131	328
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	13	100	800	1027	2198	1110 ± 887	179 ± 143	448
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	2	–	–	–	1110	1110	101	253
<i>Stratiotes aloides</i> L.	11	–	–	$\frac{2527}{8}$	$\frac{3015}{8}$	$\frac{2730 \pm 612}{8 \pm 2.1}$	313 ± 70	783
<i>Trapa natans</i> L.	20	450	$\frac{580}{7}$	$\frac{1201}{44.9}$	–	$\frac{874 \pm 388}{36 \pm 19}$	114 ± 50	285
<i>Utricularia australis</i> R.Br.	2	–	340	660	–	500	79	198
Гелофиты								
<i>Acorus calamus</i> L.	10	–	$\frac{995}{14}$	$\frac{1520}{18}$	–	$\frac{1100 \pm 363}{15 \pm 5}$	244 ± 81	561
<i>Alisma gramineum</i> Lej.	3	–	1080	–	–	1080	240	552
<i>Butomus umbellatus</i> L.	5	$\frac{860}{16}$	$\frac{1667}{28}$	–	–	$\frac{1344 \pm 470}{23 \pm 8}$	336 ± 118	773
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	22	$\frac{647}{106}$	$\frac{864}{139}$	–	–	$\frac{748 \pm 278}{118 \pm 66}$	178 ± 66	409
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	17	1145	$\frac{1629}{41}$	$\frac{1790}{66}$	–	$\frac{1568 \pm 500}{43.2 \pm 20}$	302 ± 96	604
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	140	$\frac{550}{22.9}$	$\frac{1124}{37}$	$\frac{1872.1}{56.8}$	$\frac{3560}{72}$	$\frac{1245 \pm 574}{40 \pm 17.4}$	405 ± 186	486
<i>Scolochloa festucacea</i> (Willd.) Link	11	$\frac{467}{39.4}$	$\frac{737}{67}$	–	–	$\frac{567 \pm 318}{49 \pm 29}$	229 ± 127	275
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	60	$\frac{800}{54.9}$	$\frac{1346}{82.8}$	$\frac{1736}{120}$	–	$\frac{1151 \pm 610}{77 \pm 33}$	339 ± 179	407
<i>Sparganium erectum</i> L.	12	–	$\frac{1866.5}{9.7}$	$\frac{2180.5}{10.4}$	–	$\frac{1998 \pm 694.5}{10 \pm 2.1}$	444 ± 154	533
<i>S. erectum</i> subsp. <i>microcarpum</i> (Neuman) Domin	4	–	$\frac{1587.5}{11.3}$	–	–	$\frac{1587.5}{11.3}$	351	421
<i>Typha angustifolia</i> L.	60	$\frac{567}{6.9}$	$\frac{1336}{10.2}$	$\frac{2110}{14}$	–	$\frac{1232 \pm 646}{11.3 \pm 4.3}$	386 ± 203	463
<i>T. latifolia</i> L.	15	$\frac{800}{4}$	$\frac{997}{9.5}$	$\frac{1589}{12.3}$	–	$\frac{1152 \pm 611}{10 \pm 4.5}$	195 ± 104	234
Гигрогелофиты и гигрофиты								
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	19	$\frac{257}{131}$	$\frac{858}{623}$	1300	–	$\frac{691 \pm 510}{385 \pm 331}$	115 ± 85	264.5
<i>Carex acuta</i> L.	5	–	–	647	1360	932	373	746
<i>C. rostrata</i> Stokes	9	580	767	–	–	807 ± 342	269 ± 114	538
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	2	–	–	1300	–	1300	301	692.3
<i>Ranunculus lingua</i> L.	3	–	–	–	$\frac{1820}{20}$	$\frac{1820}{20}$	404	929
<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) C.V. Morton	3	–	–	320	740	460	153	352

Примечание. n – число укосов; I – сырая фитомасса (%) при разном проективном покрытии; II – среднее значение фитомассы, г/м²; III – Воздушно-сухая масса, г/м²; IV – продукция, г/м²; над чертой – фитомасса, под чертой – число экземпляров (для плейстофитов приведено число листьев или розеток) ± стандартное отклонение; “–” – данные отсутствуют.

Фитомасса погруженных гидрофитов в рамках классов проективного покрытия находится в диапазоне 85–3015 г/м² (табл. 2). Наименьшие значения получены для *Potamogeton praelongus*, сообщества которого встречаются не часто, имеют низкое проективное покрытие и низкую численность (≤30% и ≤2 экз./м² соответственно). Наибольшие величины фитомассы зарегистрированы у *Stratiotes aloides*, проективное покрытие которого варьирует от 80% до 100%, численность – от 4 до 12 экз./м². Следует отметить, что максимальная фитомасса, для погруженных гидрофитов характерна для *Ranunculus circinatus* – 6000 г/м². Показатели фитомассы гидрофитов с плавающими на поверхности воды листьями варьируют в меньшем диапазоне – от 483 у *Potamogeton natans* до 1100 г/м² у *Spirodela polyrrhiza*. У оставшихся четырех представителей плейстофитов (*Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Persicaria amphibia*, *Trapa natans*) средние значения сырой массы варьируют от 713 до 874 г/м² (табл. 2), что, вероятно, объясняется близкими средними высокими значениями проективного покрытия для вышеперечисленных видов. *Nuphar lutea* – единственный представитель, для которого отмечены более высокие показатели фитомассы при проективном покрытии ≤30%, по сравнению со значениями фитомассы при проективном покрытии ≤60%, и меньшее число экземпляров (плавающих листьев) при проективном покрытии 100%, по сравнению с диапазоном 60–90%.

Для большинства гелофитов обследованных озер характерны невысокие значения проективного покрытия (табл. 2, рис. 2). Только у *Phragmites australis* обнаружены заросли со 100%-ным проективным покрытием, у 7 из 12 представителей выявлены укосы с проективным покрытием доминанта >60% (35 из 359 укосов). Средние значения фитомассы гелофитов находятся в пределах 567–1998 г/м². Наименьшие показатели характерны для *Scolochloa festucacea*, а наибольшие – для *Sparganium erectum*.

У представителей гигрогелофитов и гигрофитов показатели фитомассы по классам проективного покрытия находятся в диапазоне от 257 до 1820 г/м² (табл. 2). Наименьшие средние значения фитомассы характерны для *Thelypteris confluens* (462 г/м²), наибольшие – для *Ranunculus lingua* (1820 г/м²).

Сведения по числу экземпляров макрофитов на квадратный метр приводятся намного реже, по сравнению с величинами биомассы. Для видов, количество укосов которых >10, не представленных на рис. 2 и не охарактеризованных ранее, получены следующие величины по числу побегов (листьев) на метр квадратный: *Eleocharis palustris* 64–1000 экз. (проективное покрытие 20–55%); *Sparganium erectum* 8–12 побегов (40–75%); *Typha latifolia* 4–19 экз. (25–60%); количество листьев *Nymphaea candida* 8–56 (55–85%).

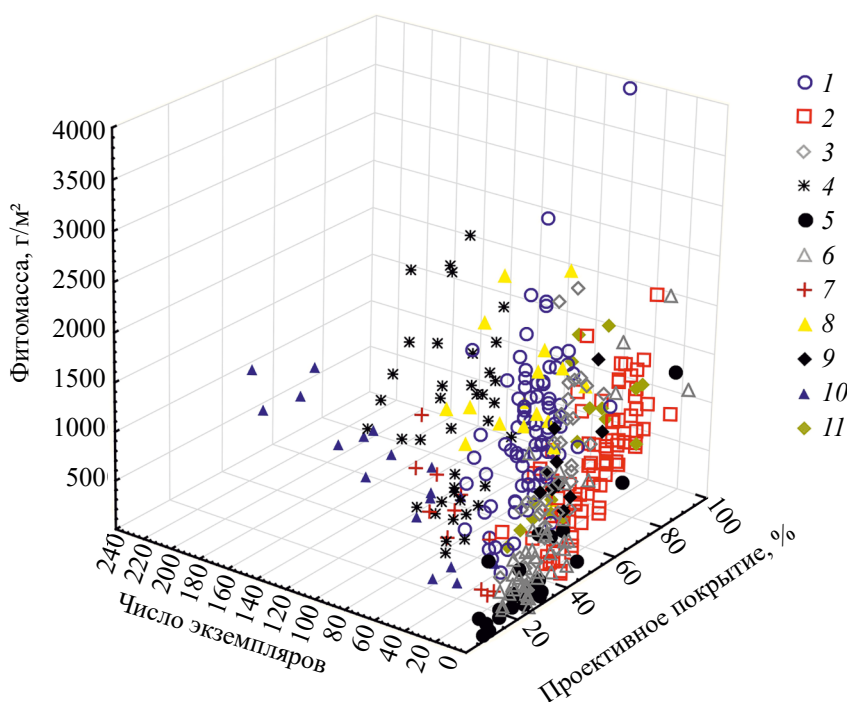


Рис. 2. Соотношение показателей проективного покрытия, числа экземпляров и фитомассы у представителей водной растительности. 1 – *Phragmites australis*, 2 – *Nuphar lutea*, 3 – *Typha angustifolia*, 4 – *Schoenoplectus lacustris*, 5 – *Potamogeton perfoliatus*, 6 – *Potamogeton lucens*, 7 – *Scolochloa festucacea*, 8 – *Glyceria maxima*, 9 – *Acorus calamus*, 10 – *Equisetum fluviatile*, 11 – *Trapa natans*.

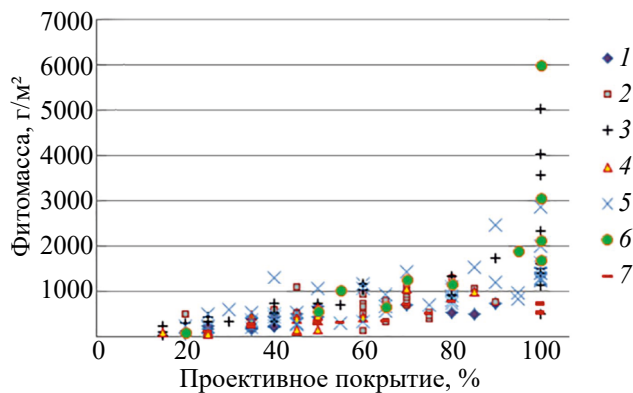


Рис. 3. Соотношение показателей проективного покрытия и фитомассы у представителей водной растительности. 1 – *Elodea canadensis*, 2 – *Persicaria amphibia*, 3 – *Myriophyllum sibiricum*, 4 – *Potamogeton natans*, 5 – *Ceratophyllum demersum*, 6 – *Ranunculus circinatus*, 7 – *Nitellopsis obtusa*.

Большинство образцов находится в диапазоне 40–80% проективного покрытия (64% общего числа) и до 1000 г/м² фитомассы (56% общего числа) (рис. 2). Невысокими значениями и широким диапазоном варьирования численности характеризуются представители погруженных гидрофитов *Potamogeton perfoliatus* (1–20 экз./м²) и *P. lucens* (1–16 экз./м²), средние значения проективного покрытия которых 30 и 36% соответственно. Представители гидрофитов с плавающими на поверхности воды листьями, *Nuphar lutea* и *Trapa natans*, имеют одинаковые средние значения проективного покрытия – 66%, число плавающих листьев и розеток варьирует от 5 до 104 и от 12 до 80 соответственно. У высокотравных гелофитов *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Glyceria maxima* и *Scolochloa festucacea* средние значения проективного покрытия достигают 48, 39, 39, 49 и 27% соответственно. Плотность зарослей (экз./м²) тростника обыкновенного варьирует от 12 до 128, рогоза узколистного от 2 до 20, схеноплектуса озерного от 20 до 152, манника большого от 20 до 80, тростянки овсяницеvidной от 12 до 100. Мелкотравные гелофиты представлены *Acorus calamus* и *Equisetum fluviatile* (рис. 2). Показатели среднего проективного покрытия у этих видов – 47% и 30%, плотность – 8–24 и 24–240 экз./м² соответственно.

У гидрофитов, представленных на рис. 3, более половины (57% общего числа) имеют проективное покрытие от 40 до 80%. Почти одинаковые доли (21 и 22%) приходятся на диапазоны <40% и >80% проективного покрытия соответственно. Наибольшие средние значения характерны для *Ranunculus circinatus*, *Nitellopsis obtusa* и *Persicaria amphibia* – 76, 67 и 62% соответственно. Фитомасса 44% образцов не превышает 500 г/м², у 30% находится в диапазоне 500–1000 г/м², у 26% – >1000 г/м² (рис. 3). Для *Elodea canadensis* и *Nitellopsis obtusa* не выявлено локалитетов с фитомассой >1000 г/м².

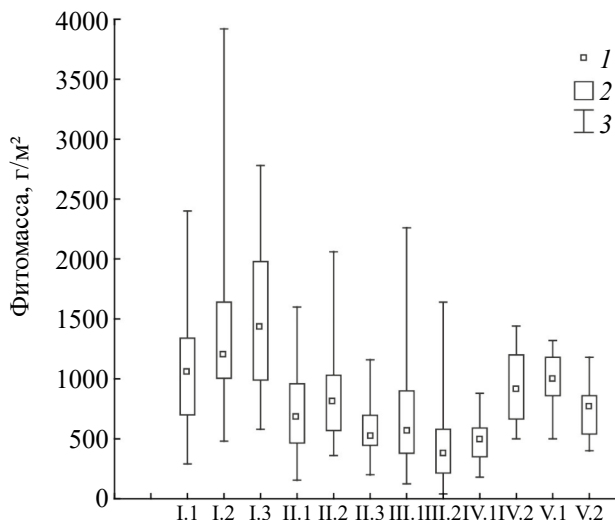


Рис. 4. Виды с достоверно различающимися показателями фитомассы в разнотипных озерах. Виды: I – *Phragmites australis*, II – *Nuphar lutea*, III – *Potamogeton lucens*, IV – *Persicaria amphibia*, V – *Equisetum fluviatile*; озера: 1 – мезотрофные, 2 – эвтрофные, 3 – дистрофные. 1 – медиана, 2 – стандартное отклонение, 3 – min–max.

Для определения достоверности различия показателей фитомассы, проективного покрытия и численности разных видов в озерах разного трофического статуса был проведен статистический анализ данных. Критериями для выбора макрофитов были: количество укосов ≥ 10 и представленность в водоемах хотя бы двух трофических типов. В результате были отобраны 16 видов: 12 самых многочисленных (табл. 2), а также *Eleocharis palustris*, *Glyceria maxima*, *Ranunculus circinatus*, *Acorus calamus*. Для *Phragmites australis*, *Nuphar lutea*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* представлены данные для мезотрофных, эвтрофных и дистрофных водоемов, по остальным видам только для двух первых групп трофности. В соответствии с результатами дисперсионного анализа достоверно различаются между собой ($p < 0.05$) по показателям сырой фитомассы *Phragmites australis*, *Potamogeton lucens*, *Persicaria amphibia*, *Equisetum fluviatile* в мезотрофных и эвтрофных озерах, а *Nuphar lutea* – в дистрофных и эвтрофных (рис. 4). Причем первый и третий виды имеют более высокие средние значения и диапазон величин в эвтрофных озерах, а второй и четвертый – в мезотрофных. Для *Nuphar lutea* характерны меньший диапазон и величина среднего значения в дистрофных озерах.

По проективному покрытию достоверно различаются между собой *Phragmites australis* и *Schoenoplectus lacustris* в озерах мезотрофного и эвтрофного типа, и *Nuphar lutea* во всех типах водоемов (рис. 5). Виды *Phragmites australis* и *Schoenoplectus lacustris* характеризуются более низкими диапазонами и средними значениями в мезотрофных

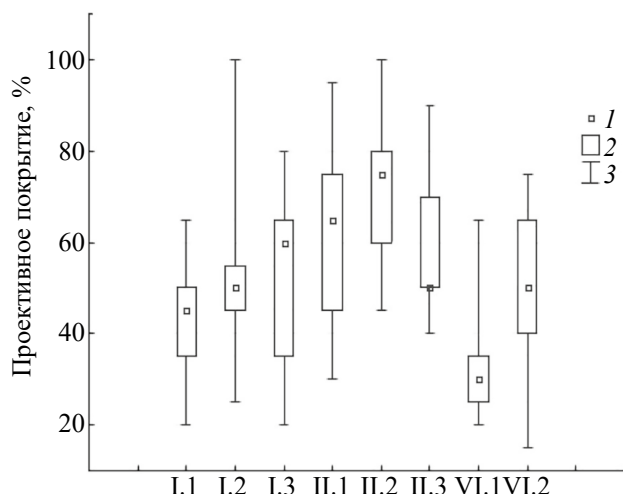


Рис. 5. Виды с достоверно различающимися показателями проективного покрытия в разнотипных озерах: I – *Phragmites australis*, II – *Nuphar lutea*, VI – *Schoenoplectus lacustris*. 1 – мезотрофные, 2 – эвтрофные, 3 – дистрофные озера.

озерах, у *Nuphar lutea* наименьшие средние значения выявлены в дистрофных водоемах. По числу экземпляров на 1 м² достоверные различия получены для *Potamogeton lucens* и *Equisetum fluviatile* (рис. 6) – в мезотрофных озерах у этих представителей наблюдаются те же закономерности, что и с показателями фитомассы.

Рядом исследователей высказано предположение о прямой взаимосвязи показателей фитомассы и проективного покрытия доминанта (Папченков, 2003б; Анищенко, 2012; Зотина, 2014). Как отмечал В.Г. Папченков (2003б): "... наибольшей биомассой обладают простые сообщества с проективным покрытием доминанта 90–100% либо сложные фитоценозы с двумя–тремя доминантами, каждый из которых имеет проективное покрытие более 50% ...". Однако несмотря на очевидную связь величины фитомассы с показателями проективного покрытия и плотностью зарослей, автором не были найдены в литературных источниках какие-либо значения коэффициентов, отражающие данную взаимосвязь. В связи с этим были проведены корреляционный и регрессионный анализы (в выборку отбирали виды с числом укусов ≥5).

При анализе видов с достоверными коэффициентами корреляции и регрессии, в зависимости от их представленности в водоемах разного трофического статуса, выделены три группы. К **первой** относятся макрофиты, у которых зависимость фитомассы от проективного покрытия и численности анализировали на основании данных по водоемам одного типа. В эту группу входят *Nitellopsis obtusa*, *Najas major* в мезотрофных озерах, а также *Sparganium erectum* в эвтрофных озерах.

Ко **второй** группе были отнесены виды, встречающиеся в мезотрофных и эвтрофных

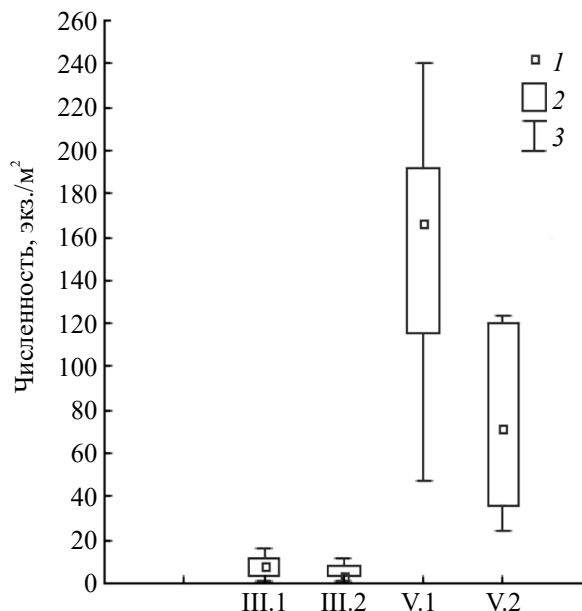


Рис. 6. Виды с достоверно различающимся числом экз./м² в разнотипных озерах. Виды: III – *Potamogeton lucens*, V – *Equisetum fluviatile*. 1 – мезотрофные, 2 – эвтрофные озера.

водоемах. У *Persicaria amphibia* и *Trapa natans* в разных типах озер по отдельности выявлены более низкие значения коэффициентов корреляции и регрессии, многие из которых недостоверны. Для *Myriophyllum sibiricum* и *Eleocharis palustris* в мезотрофных водоемах наблюдали более высокие значения коэффициентов регрессии. Более высокие показатели зависимости фитомассы от проективного покрытия и численности экземпляров в эвтрофных озерах были получены для *Potamogeton lucens*, *P. natans*, *P. perfoliatus*. У *Equisetum fluviatile* и *Schoenoplectus lacustris* в мезотрофных озерах выявлены более высокие коэффициенты регрессии фитомассы от численности, а в эвтрофных озерах – фитомассы от проективного покрытия. Противоположная картина характерна для *Typha angustifolia*. У группы видов, включающей *Ranunculus circinatus*, *Carex acuta*, *Scolochloa festucacea* недостаточное количество проб в одном из типов озер для проведения сравнительного анализа.

В **третью** группу вошли виды, встречающиеся в мезотрофных, эвтрофных и дистрофных озерах: *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Nuphar lutea*, *Phragmites australis*. У *Ceratophyllum demersum* наиболее сильные связи фитомассы с проективным покрытием наблюдали в мезотрофных озерах, у *Elodea canadensis* и *Phragmites australis* такие отмечены в эвтрофных озерах, часть из них превышает значения для данного вида (табл. 3). Самые высокие значения зависимости фитомассы от проективного покрытия и численности, в том числе превышающие значения табл. 3, выявлены у *Nuphar lutea* в озерах дистрофного типа.

Таблица 3. Корреляционно-регрессионные показатели представителей водной растительности Белорусского Поозерья

Вид	<i>rs</i>			<i>R</i> ²		
	X ₁ /X ₂	X ₂ /Y	X ₁ /Y	X ₁ /Y	X ₂ /Y	X ₁ +X ₂ /Y
<i>Nitellopsis obtusa</i>	—	—	0.86	0.64	—	—
<i>Ceratophyllum demersum</i>	—	—	0.81	0.54	—	—
<i>Elodea canadensis</i>	—	—	0.87	0.68	—	—
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	—	—	0.85	0.58	—	—
<i>M. spicatum</i>	—	—	0.67	0.11	—	—
<i>Najas major</i>	—	—	0.72	0.81	—	—
<i>Nuphar lutea</i>	0.63	0.6	0.87	0.6	0.6	0.61
<i>Nymphaea candida</i>	0.24	0.47	0.11	0.01	0.27	0.53
<i>Persicaria amphibia</i>	—	—	0.37	0.16	—	—
<i>Potamogeton lucens</i>	0.57	0.79	0.71	0.55	0.56	0.70
<i>P. natans</i>	—	—	0.74	0.63	—	—
<i>P. perfoliatus</i>	0.4	0.71	0.49	0.54	0.78	0.86
<i>Ranunculus circinatus</i>	—	—	0.94	0.37	—	—
<i>Stratiotes aloides</i>	−0.3	0.22	0.1	0.01	0.03	0.03
<i>Trapa natans</i>	0.63	0.51	0.84	0.72	0.35	0.71
<i>Acorus calamus</i>	0.55	0.51	0.11	0.27	0.28	0.36
<i>Butomus umbellatus</i>	—	—	0.67	0.62	—	—
<i>Equisetum fluviatile</i>	0.54	0.72	0.84	0.68	0.62	0.79
<i>Glyceria maxima</i>	0.07	0.31	0.26	0.06	0.06	0.04
<i>Phragmites australis</i>	0.56	0.53	0.77	0.68	0.3	0.69
<i>Scolochloa festucacea</i>	0.84	0.9	0.8	0.59	0.83	—
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	0.7	0.75	0.74	0.42	0.5	—
<i>Sparganium erectum</i>	0.4	0.81	0.4	0.04	0.31	0.33
<i>Typha angustifolia</i>	0.47	0.49	0.77	0.49	0.5	0.7
<i>T. latifolia</i>	−0.09	0.18	0.57	0.68	0.02	0.72
<i>Eleocharis palustris</i>	0.81	0.88	0.81	0.64	0.5	—
<i>Carex acuta</i>	—	—	0.95	0.96	—	—
<i>C. rostrata</i>	—	—	0	0.01	—	—

Примечание. *rs* – коэффициент корреляции Спирмена; *R*² – коэффициент регрессии; курсивом отмечены достоверные значения ($p > 0.05$, p – достоверная связь), жирным курсивом – достоверные высокие значения (rs и $R^2 \geq 0.7$); X₁ – проективное покрытие, X₂ – число экземпляров, Y – сырая фитомасса; “—” – данные отсутствуют.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Литературные данные по продукционным особенностям водных мхов и харовых водорослей немногочисленны. Для озер Беларуси (Жукова и др., 2016а; Национальная..., 2020, 2022), озер Северо-Западной части России (Распопов, 1978) и Республики Бурятия (Базарова, 2018) показатели фитомассы харовых водорослей превышают приводимые максимальные значения в табл. 2 в 1.2–12.6 раз. Так, сырая фитомасса густых харовых водорослей в оз. Нарочь достигает 953 г/0.25 м² (Жукова и др., 2016а, абсолютно-сухая масса *Chara tomentosa* L. в бурятском оз. Гунда – 1469.4 г/м² (Базарова, 2018), и только для оз. Обстерно в

2021 г. отмечены показатели воздушно-сухой массы хары и нителлопсиса в 2 раза ниже полученных нами (Национальная..., 2022). По водным мхам данные для обследованных озер схожи с результатами, приводимыми для оз. Нарочь – 99 г/0.25 м² при средней плотности зарослей (Жукова и др., 2016а), но существенно ниже озер Еравно-Харгинской системы, где абсолютно-сухая масса *Drepanocladus* sp. достигает 525.87 г/м² (Базарова, 2018).

Из 21 представителя гидрофитов (табл. 2), литературные данные по другим регионам обнаружены для 14 видов. Сравнивая полученные нами результаты с наблюдениями по другим водоемам

Республики Беларусь, необходимо отметить, что фитомасса большинства гидрофитов озер обследованного региона не выходит за пределы диапазона значений биомассы водных растений по стране, согласно литературным источникам (План..., 2012; Жукова и др., 2016а); Национальная..., 2020, 2022). В качестве исключений следует привести более высокие показатели воздушно-сухой массы *Nymphaea candida* для Национального парка Припятский и *Potamogeton natans* по данным Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (План..., 2012; Национальная..., 2022), превышающие полученные нами средние результаты в 1.4–2 и 1.5–4.6 раз соответственно. Значения фитомассы и продуктивности большинства гидрофитов Белорусского Поозерья имеют схожие показатели с макрофитами малых водохранилищ Республики Коми (Князева, 2021) и находятся в диапазоне значений биомассы гидрофитов Республики Бурятия (Базарова, 2018) и озер Северо-Западной части России (Распопов, 1978, 1985). Для водоемов бассейна р. Волги (Папченков, 2001, 2003а; Шарапов и др., 2013; Соловьева, 2016; Чемерис и др., 2020), озер и стариц Брянской обл. (Буховец, 2010; Анищенко, 2012), пойменных озер р. Ишим (Токарь, 2005), озер верховой Воронежского водохранилища (Новиков, 2013), Новосибирского водохранилища (Зарубина и др., 2014), водоемов-охладителей Курской и Смоленской АЭС (Кацман, 2004) приводятся данные, по отдельным представителям превышающие наши в 1.6–15.4 раза. Наиболее сильны различия для *P. perfoliatus*: по нашим результатам средняя фитомасса составляет 252 г/м², воздушно-сухая масса 49 г/м², 32 образца из 50 имеют значения проективного покрытия до 50%. Для других регионов представлены данные, превышающие полученные автором показатели в 2.3–15.4 раза с учетом проективного покрытия. Значения по возрастанию фитомассы расположены в следующем порядке: для озер и стариц Брянской обл. 1.98 кг/м² свежесобранной фитомассы (Буховец, 2010), в реках севера европейской России средняя фитомасса *P. perfoliatus* с высоким проективным покрытием достигает 2785.9 г/м² (Чемерис, 2020), при проективном покрытии в 100% для водоема-охладителя Курской АЭС 3.7 кг/м² (Кацман, 2004), для рек Среднего Поволжья 3.7 кг/м² сырой надземной биомассы (Папченков, 2001), для р. Ишим и пойменных озер 245 г/м² абсолютно-сухой массы (Токарь, 2005), при проективном покрытии в 100% для водоема-охладителя Смоленской АЭС 10.6 кг/м² сырой фитомассы (Кацман, 2004), для Новосибирского водохранилища 456 г/м² воздушно-сухой массы (Зарубина и др., 2014), для оз. Псковское 690 г/м² абсолютно-сухой массы 456 г/м² (Распопов, 1985), для озер верховой Воронежского водохранилища 755.7 г/м² воздушно-сухой массы (Новиков, 2013).

Из 12 представителей гелофитов (табл. 2) литературные данные по биомассе обнаружены для 9 видов. Полученный диапазон значений находится в пределах показателей фитомассы, приводимой для представителей гелофитов (План..., 2012; Жукова, 2016б; Национальная..., 2020, 2022), а средние значения в основном не намного превышают данные по продуктивности ассоциаций травянистой растительности Беларуси (Stsepanovich, 2000). Близкие по величине показатели продуктивности у *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris* и *Equisetum fluviatile* отмечены для водоемов Республики Коми (Князева, 2021). Полученные данные по фитомассе *Glyceria maxima*, *Equisetum fluviatile*, *Schoenoplectus lacustris*, *Phragmites australis* и *Scolochloa festucacea* входят в диапазон значений абсолютно-сухой массы для данных представителей в крупных озерах Северо-Запада СССР (Распопов, 1985). В большей степени, по сравнению с Белорусским Поозерьем, отличается масса тростника обыкновенного в малых водохранилищах Среднего Поволжья (Соловьева, 2016) и отдельных озерах Волынского Полесья (Карпова, 2012), в меньшей степени – в Новосибирском водохранилище (Зарубина, Ермолаева, 2014). Для Верхнего Поволжья величины сырой фитомассы у *Schoenoplectus lacustris* имеют чуть большие, а воздушно-сухой массы чуть меньшие значения (Шарапов и др., 2013) по сравнению с нашими данными. Для озер верховой Воронежского водохранилища наблюдаются наиболее высокие значения воздушно-сухой массы для ряда видов: у *Phragmites australis* она составляет 3221 г/м², у *Schoenoplectus lacustris* – 1840.7 г/м², у *Sparganium erectum* – 1959.1 г/м², у *Glyceria maxima* – 1879.4 г/м² (Новиков, 2013), превышая полученные средние показатели в табл. 2 в 8, 5.4, 4.4 и 6 раз соответственно. Наибольших значений фитомассы *Typha angustifolia* достигает в авандельте р. Волге (Громов, 2010), *T. latifolia* – при проективном покрытии в 70% в водоеме-охладителе Смоленской АЭС (Кацман, 2004), *Equisetum fluviatile* – в малых водохранилищах Среднего Поволжья (Соловьева, 2016), *Butomus umbellatus* – в реках Среднего Поволжья (Папченков, 2003а). Фитомасса этих видов составляет 20 кг/м², 9.2 кг/м², 3 кг/м² и 4.1 кг/м² соответственно, превышая данные в табл. 2 в 12.2, 5.5, 4 и 3 раза. Близкие к максимально возможным показателям биомассы *Typha latifolia* характерны также для отдельных малых водохранилищ р. Вычегда по абсолютно-сухой массе (Князева, 2021).

Для гигрогелофитов озер Белорусского Поозерья характерны более высокие значения биомассы и продукции (табл. 2), чем для растительности Припятского национального парка (План..., 2012) и средних величин по Беларуси в целом (Stsepanovich, 2000). Данные по другим регионам немногочисленны: величины продуктивности

сообществ с доминированием *Carex acuta* и *C. rostrata* обследованных объектов наиболее близки таковым в малых водохранилищах бассейна р. Вычегда (Князева, 2021). Показатели сырой фитомассы *Eleocharis palustris* и *Carex acuta* для водоемов и водотоков Среднего Поволжья достигают 1.1 кг/м² и 1.9 кг/м² соответственно (Папченков, 2001), превышая таковые по этим видам в табл. 2 в 1.6 и 2.5 раза, значения их абсолютно-сухой массы в больших озерах Северо-Запада России варьируют от 16 до 332 г/м² и от 75 до 750 г/м² соответственно (Распопов, 1985), охватывая диапазон данных в табл. 2.

Сравнение полученных нами величин фитомассы у представителей флоры Белорусского Поозерья с опубликованными ранее по другим регионам показало, что величины фитомассы для Белорусского Поозерья (табл. 2) наиболее близки таковым более северных водоемов и часто существенно ниже, чем в водоемах, расположенным южнее, или водотоках, расположенных в схожих широтах.

При сопоставлении значений фитомассы представителей Белорусского Поозерья (табл. 2) по классам проективного покрытия с данными для других регионов минимальные различия отмечены для укосов с показателями покрытия <30% (Папченков, 2001, 2003а; Кацман, 2004; Буховец, 2010). Также из табл. 2 видно, что величины укосов макрофитов варьируют в широком диапазоне, минимальное стандартное отклонение значения фитомассы получено у *Stratiotes aloides* (22%), максимальное – у *Myriophyllum sibiricum* (93%). Однако в литературных источниках максимальные значения стандартного отклонения варьируют от 10 до 53% (Папченков, 2001, 2003а; Буховец, 2010; Анищенко, 2012; Новиков, 2013; Черемис, Бобров, 2020). В нашем случае такие результаты объясняются широкой представленностью укосов с разными показателями проективного покрытия, которые соответственно имеют сильно различающиеся величины фитомассы (например, средняя масса укосов для *Myriophyllum sibiricum* 951 г, а минимальное и максимальное значения 90 и 5052 г).

По сравнению с продукционными характеристиками, плотность произрастания макрофитов значительно менее исследована, в немногочисленных литературных источниках приводятся следующие данные о численности макрофитов на единицу площади (м²): плотность зарослей *Nuphar lutea* достигает 134 плавающих листьев, *Potamogeton perfoliatus* 18–130 экз., *P. lucens* 11–48, *Trapa natans* до 44 розеток, *Equisetum fluviatile* 170–280, *Glyceria maxima* до 124, *Phragmites australis* от 15 до 126, *Schoenoplectus lacustris* 28–244, *Spartanium erectum* 21–46, *Typha angustifolia* до 37, *Eleocharis palustris* до 2100 экз./м² (Распопов, 1978; Громов,

2010; Чернова, 2015; Жукова и др., 2016б. Соответственно, показатели численности большинства представителей водной растительности Белорусского Поозерья находятся в указанных диапазонах численности, приводимых по литературным источникам.

Анализ данных фитомассы (рис. 4), проективного покрытия (рис. 5) и численности макрофитов (рис. 6) в озерах Белорусского Поозерья различного трофического статуса показал, что из 16 проанализированных видов достоверные отличия были выявлены лишь у 6 из них. Обнаруженные различия (рис. 4) для мезотрофных и эвтрофных озер у *Phragmites australis* косвенно подтверждаются данными Национальной системы мониторинга (Национальная..., 2020, 2022): для мезотрофных озер Снуды, Долгое, Гиньково средние значения и диапазон биомасс за многолетний период у тростника обыкновенного имеют меньшие величины, по сравнению с озерами Лукомское, Дривяты, Обстерно, относящимися к эвтрофному типу. Однако для *Potamogeton lucens* в озерах Национальной системы мониторинга приводятся близкие средние значения и диапазон биомасс по разнотипным озерам, что не совпадает с нашими результатами. По данным мониторинга (Национальная..., 2020, 2022), у *Nuphar lutea* наблюдаются схожие закономерности с *Phragmites australis*, тогда как по результатам проведенного дисперсионного анализа выявлены достоверные различия по величинам фитомассы в озерах эвтрофного и дистрофного типа. Для 4 из 5 видов, достоверно отличающихся по фитомассе в водоемах различного трофического статуса, также выявлены отличия по проективному покрытию и плотности произрастания. Достоверные различия по проективному покрытию у *Phragmites australis* и *Nuphar lutea*, а также по численности у *Potamogeton lucens* и *Equisetum fluviatile* можно рассматривать как следствие и подтверждение высокой взаимосвязи значений фитомассы с показателями проективного покрытия и плотности произрастания у данных представителей (табл. 3).

У 20 из 28 проанализированных видов выявлены достоверные значимые или высокие показатели корреляции и регрессии фитомассы с проективным покрытием и численностью экземпляров (табл. 3). Оценивая такие взаимосвязи, следует принимать во внимание глубину произрастания видов. Например, у широколистных рдестов длина растений увеличивается по мере возрастания глубины, следовательно, биомасса глубоководной и мелководной растительности могут различаться более чем в два раза (Зотина, 2014). Для гофрированных листьев кубышки желтой отмечен весомый вклад в общую биомассу черешков, длина которых зависит от глубины произрастания, причем масса последних может превышать таковую листовых пластинок, что, в свою очередь,

снижает зависимость фитомассы от проективно-го покрытия (Чернова и др., 2015). Помимо глубины произрастания и высоты растений, на величину зависимости фитомассы от проективного покрытия будет влиять соотношение надводных и подводных частей растения, последние часто не рассматриваются при оценке проективного покрытия, однако при отборе укоса от поверхности грунта они вносят весомый вклад в итоговые показатели массы. Также на оценку будут влиять поврежденность растений, положение и ориентация побегов в пространстве, ветровое и волновое воздействие – условия, которые могут приводить к формированию показателей проективного покрытия, отличающихся при благоприятных погодных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные для Белорусского Поозерья величины фитомассы и воздушно-сухой массы водных растений находятся в пределах диапазонов значений, приводимых для других природных территорий Республики Беларусь. Большинство представителей имеют невысокие средние значения проективного покрытия. Высокая степень сходства в размерах фитомассы зарегистрирована в связи с близкими значениями климатических характеристик и типом анализируемых водоемов с таковыми в регионах Республика Коми, Верхнего Поволжья, Северо-Запада России и Республики Бурятия у представителей водной растительности Белорусского Поозерья. Из 16 макрофитов достоверные различия показателей фитомассы, проективного покрытия и численности в разнотипных озерах характерны для *Phragmites australis*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton lucens*, *Persicaria amphibia*, *Equisetum fluviatile* и *Schoenoplectus lacustris*. У 20 из 28 проанализированных видов выявлены достоверные значимые или высокие коэффициенты корреляции и регрессии взаимосвязанности фитомассы с проективным покрытием и/или плотностью произрастания, причем величины данных коэффициентов могут значительно различаться у одного и того же вида в озерах разного типа.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проведено на личные средства автора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А. 2007. Новое в изучении водных экосистем и организмов: концепция экологической репарации // Вода: технология и экология. № 2. С. 70.

Адамович Б.В., Жукова Т.В., Михеева Т.М. и др. 2017. Эвтрофирование, олиготрофикация и бентификация в Нарочанских озерах: 40 лет мониторинговых

исследований // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. № 10(4). С. 379.
<https://doi.org/10.17516/1997-1389-0040>

Алекин А.А. 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство. С. 444.

Анищенко Л.Н. 2012. Фитоценотическое разнообразие, продуктивность и биоиндикационное значение сообществ макрофитной растительности водных объектов Р. Десны и Ипути (в пределах Брянской области) // Вестн. Брянск. гос. ун-та. № 4–2. С. 98.

Базарова Б.Б. 2018. Флористический состав и пространственная структура водной растительности озер Еравно-Харгинской системы (Бурятия) // Экосистемы. № 13(43). С. 3.

Буховец Т.Н. 2010. Эколого-флористическая характеристика водной растительности бассейнов рек Ипути и Десны (в пределах Брянской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Брянск. С. 22.

Вейсберг Е. И., Исакова Н. А. 2022. Реакция макрофитов на периодические изменения уровня воды в оз. Большое Миассово (Южный Урал, Россия) // Биология внутр. вод. № 3. С. 318.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222020176>

Власов Б.П. 2004. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз. Минск: БГУ. С. 207.

Власов Б.П., Латышев С.Э., Мерзвинский Л.М., Высоцкий Ю.И. 2020. Водная растительность озера Черствятское // Веснік ВДУ. № 4(109). С. 39.

Гигевич Г.С. Власов Б.П., Вынаев Г.В. 1999. Ресурсы высших водных растений озер Беларуси // Веснік ВДУ. № 3(13). С. 66.

Гигевич Г.С. Власов Б.П., Вынаев Г.В. 2001. Высшие водные растения Беларуси. Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Минск: БГУ. С. 231.

Громов В.В. 2010. Водная и прибрежно-водная растительность Северного Каспия: аванделта р. Волги, калмыцкое и казахское побережье // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. № 3(3). С. 250.

Жукова А.А., Панько А.Ю., Крюк Д.В. 2016. Погруженные макрофиты оз. Нарочь в период бентификации // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова. С. 38.

Жукова А.А., Жукова Т.В., Макаревич О.А., Остапеня А.П. 2009. Роль полупогруженных макрофитов в функционировании Нарочанских озер // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования: Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: Издат. дом “Астраханский университет”. С. 295.

Жукова А.А., Панько А.Ю., Крюк Д.В. 2016. Тростник в литорали оз. Нарочь // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. V Междунар. науч. конф. 12–17 сентября 2016 г. Минск: БГУ. С. 138.

- Зарубина Е.Ю., Ермолаева Н.И.* 2014. Сезонная динамика макрофитов и зоопланктона литоральной зоны Новосибирского водохранилища в 2013 г. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 11–2. С. 216.
- Захаренкова Г.Ф.* 1959. Водная растительность озер Нарочанской группы и ее продуктивность // Тр. V науч. конф. по изуч. внутр. водоемов Прибалтики. Минск. С. 14.
- Зотина Т.А.* 2014. Фитомасса и видовое разнообразие макрофитной растительности в среднем течении р. Енисей // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биология. № 7(1) С. 73.
- Каропа Г.Н.* 2010. Физическая география Беларуси. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. С. 164.
- Карпова Г.А.* 2012. Фитомасса тростника обыкновенного как индикатор трофического статуса водоемов // Гидробиол. журн. Т. 48. № 3. С. 49.
- Катанская В.М.* 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука. С. 187.
- Кацман Е.А.* 2004. Развитие высшей водной растительности в водоемах-охладителях АЭС: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – Гидробиология. Москва. С. 28.
- Князева Е.В.* 2021. Сравнительная характеристика продуктивности макрофитов в малых водохранилищах бассейна реки Вычегды // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. XVI Всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. Киров: Вятский гос. ун-т. С. 158.
- Ковалев А.А., Игнатенко В.А.* 2018. Основы статистики. Гомель: ГомГМУ. С. 176.
- Кореякова И.Л.* 1977. Растительность Кременчугского водохранилища. Киев: Наук. думка. С. 197.
- Кудряшов В.П., Гапоненко В.И., Зубарева А.В.* 2008. Особенности накопления америция и плутония Чернобыльского выброса макрофитами водных систем Гомельской области // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. № 4. С. 91.
- Латышев С.Э., Мерзвинский Л.М., Высоцкий Ю.И., Мартыненко В.П.* 2013. Высшая растительность озера Белое (Сурмино) и тенденции ее изменения // Веснік ВДУ. № 5(7). С. 69.
- Лопух П.С., Якушко О.Ф.* 2011. Общая лимнология [Электронный ресурс]. Минск: БГУ. Режим доступа: <http://elib.bsu.by>.
- Матвеев В.И., Соловьева В.В., Саксонов С.В.* 2005. Экология водных растений. Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН.
- Мартыненко В.П.* 1972. Флора и растительность озер северо-восточной части Белорусского Поозерья: Дис. ... канд. биол. наук: 094. Минск. С. 221.
- Мартыненко В.П., Латышев С.Э.* 2006. Макрофитная растительность оз. Лосвидо и ее изменение за 35 лет // Веснік ВДУ. № 2 (40). С. 128.
- Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Хараничева Г.Т.* 1989. Ландшафты Белоруссии. Минск: Университетское. С. 239.
- Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год. 2020. Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. С. 493.
- Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2021 год. 2022. Минск: Государственное учреждение “Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды”. С. 556.
- Новиков В.А.* 2013. Проблема накопления фитомассы в мелководных искусственных водоемах (на примере верховий Воронежского водохранилища) // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 729.
- Остроумов С.А.* 2004. Биологический механизм самоочищения в природных водоемах и водотоках: теория и приложения // Успехи соврем. биол. Т. 124. № 5. С. 429.
- Папченков В.Г.* 2001. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ. С. 213.
- Папченков В.Г.* 2003а. Продукция макрофитов вод и методы их изучения // Гидробиотаника: методология, методы: Материалы Школы по гидробиотанике. Рыбинск: ОАО “Рыбинский Дом печати”. С. 137.
- Папченков В.Г.* 2003б. Надземная биомасса макрофитов водоемов и водотоков Среднего Поволжья // Биология внутр. вод. № 1. С. 40.
- План управления Национальным парком “Припятский”: Отчет о НИР/ГНПО “НПЦ НАН Беларуси по Биоресурсам”. 2012. Минск. С. 360. № ГР 20110976.
- Распопов И.М.* 1978. Гидробиология озер Воже и Лача в связи с прогнозом качества вод, перебрасываемых на юг. Л.: Наука. С. 275.
- Распопов И.М.* 1985. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л.: Наука. С. 200.
- Соловьева В.В.* 2016. Фитопродукция и фиторесурсная значимость малых водохранилищ Среднего Поволжья // Фиторазнообразие Восточной Европы. № 3. С. 82.
- Соловьева В.В., Лапиров А.Г.* 2019. Гидробиотаника. М.: Изд-во Юрайт.
- Сушко Г.Г., Литвенкова И.А.* 2019. Биометрия: методические указания для проведения лабораторных работ. Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова. С. 47.
- Токарь О.Е.* 2005. Водные макрофиты реки Ишим и пойменных озер (флора, растительность и фитоиндикация экологического состояния экотопов): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 – Ботаника. Омск. С. 20.
- Халафян А.А.* 2007. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. М.: ООО “Бином-Пресс”. С. 512.
- Чемерис Е.В., Бобров А.А.* 2020. Продуктивность рдестов (*Potamogeton*, *Stuckenia*, *Potamogetonaceae*) в

- реках севера европейской части России // Водн. ресурсы. Т. 47. № 1. С. 114.
- Чернова А.М. 2015. Сезонная динамика продуктивности кубышки желтой *Nuphar lutea* (L.) Smith. (Nymphaeaceae) в малой реке Ильдь (Ярославская область) // Биология внутр. вод. № 2. С. 60. <https://doi.org/10.7868/S0320965215020047>
- Шарапов А.В., Чемерис Е.В., Бобров А.А. 2013. Запасы наземной фитомассы речных макрофитов Верхнего Поволжья и ее сезонная динамика // Растит. ресурсы. Т. 49. Вып. 1. С. 48.
- Якушко О.Ф. 1981. Озероведение. Минск: Высш. шк. С. 223.
- Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes // Limnol., Oceanogr. V. 11. P. 361.
- Dzis'ko N.A. 1994. Blakitnaya kniga Belarusi: Entsyklapedyya. [Blue book of Belarus: Encyclopedia]. Minsk: BelEn. P. 415.
- Stsepanovich Ya.M. 2000. Ekolaga-flarystychny dyagnaz syntaksonaw pryrodnaj travjanistaj raslinnasci Belarusi [Eco-floristic diagnosis of syntaxa of natural vegetation of Belarus]. Minsk: "Kamtat". P. 140.

Macrophyte Phytomass and Production in Lakes of Belorussian Lakeland

S. E. Latyshev^{1, *}

¹Vitebsk State University named after P.M. Masherov, Vitebsk, Belarus

*e-mail: slatyshev86@gmail.com

Information on the production characteristics of aquatic vegetation species in the lakes of the Belorussian Lakeland is summarized. For 43 different representatives, data are provided on the values of phytomass, air-dry weight, productivity, and number of specimens depending on the classes of projective cover. The values of phytomass and air-dry weight parameters obtained for the Belorussian Lakeland are within the ranges of values given for other natural territories of the Republic of Belarus. The values of phytomass of macrophytes of the Belorussian Lakeland were also compared with data for other regions, and the closest similarity of the indicators of the surveyed territory with data for the Komi Republic, Upper Volga region, north-west Russia and the Republic of Buryatia was established. The indicators of phytomass, projective cover and number of plants per square meter of 16 species in different lake's types were analyzed and significant differences were received for *Phragmites australis*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton lucens*, *Persicaria amphibia*, *Equisetum fluviatile*, *Schoenoplectus lacustris*. For 20 out of 28 species, reliable significant or high values of correlation and regression coefficients were established for the interconnection of phytomass indicators with the parameters of projective cover and (or) abundance per square meter.

Keywords: Belorussian Lakeland, aquatic vegetation, macrophytes, phytomass, production