

А. М. Чернова, В. Г. Папченков

### Расчетный метод определения продукции гидрофитов на примере *Nuphar lutea* (L.) Smith (*Nymphaeaceae*)

В работе приводятся уравнения для расчета сырой массы надземных органов *Nuphar lutea* (L.) Smith, основанные на морфометрических признаках. Особое внимание уделяется определению опада растительной массы. Приводится способ определения продукции кубышки желтой. Статистическая обработка данных проведена на полевом материале, собранном в течение вегетационных периодов 2010–2011 гг.

**Ключевые слова:** *Nuphar lutea*, гидрофиты, биомасса, чистая первичная продукция, уравнения регрессии.

A. M. Chernova, V. G. Papchenkov

### A Settlement Method to Define Production of Hydrophytes on the example of *Nuphar lutea* (L.) Smith (*Nymphaeaceae*)

The equations to calculate wet weight of the above-ground organs of *Nuphar lutea* (L.) Smith based on morphometric characteristics are presented. Particular attention is paid to the identification of litter plant mass. The method to determine the production of yellow pods is given. Statistical data processing was carried out on the field material, collected during the growing seasons 2010–2011.

**Keywords:** *Nuphar lutea*, hydrophytes, biomass, net primary production, regression equations.

Гидрофиты – растения, свободно плавающие на поверхности воды или в ее толще, а также погруженные укореняющиеся, с плавающими листьями или без них [4]. *Nuphar lutea* (L.) Smith относится к укореняющимся гидрофитам с плавающими на воде листьями [5]. Изучение биомассы и продукции гидрофитов – весьма сложная задача, прежде всего, из-за их труднодоступности, так как они часто произрастают на значительных глубинах. Для определения биомассы традиционно используется метод укосных площадок по 1–4 м<sup>2</sup>, которые закладываются в сообществах растений, с последующим разбором укосов и взвешиванием их во влажном, воздушно-сухом и абсолютно-сухом состояниях [1, 2]. Существует также расчетный способ определения биомассы плавающих листьев *N. lutea*, основанный на линейных размерах листовых пластинок и черешков [3]. Однако надземная фитомасса кубышки желтой представляет собой совокупность не только вегетативных (подводные и плавающие листья), но и генеративных (цветоносы, бутоны, цветки и плоды) органов.

В гидробиологии рассчитывать продукцию принято через значение максимальной биомассы растений. И. М. Распопов [6] для определения

продукции макрофитов с плавающими листьями (кувшинки, кубышки, рдесты) предлагает введение поправочного коэффициента, равного 1,2. Этот коэффициент рассчитан на основе материалов с больших озер северо-запада России. Очевидно, что для других водных объектов и иных географических условий поправочные коэффициенты могут быть другими. Однако это требует дополнительных научных изысканий.

Цель настоящей исследования – разработка метода изучения продукции надземных органов *N. lutea*, основанных на расчетном способе определения фитомассы различных органов и их частей.

#### Материалы и методы

Исследования проводились в 2010–2011 гг. на малой реке Ильдь – притоке Рыбинского водохранилища (Ярославская обл., Некоузский р-н). Для наблюдений за кубышкой желтой были выбраны три стационарных участка на реке, которые различались по условиям произрастания растений. На этих участках были заложены площадки для наблюдения (1 м<sup>2</sup> каждая).

С мая по октябрь один раз в неделю на исследуемых участках производился отбор проб побегов. В лабораторных условиях они тщательно очищались и

разбирались на отдельные органы, у которых затем определялись основные линейные размеры. У листовых пластинок измерялись: длина от основания до верхушки пластинки ( $l_1$ ), полная длина ( $l_2$ ) и ширина ( $w$ ); у черешков – длина ( $l_4$ ), ширина ( $d_1$ ) и толщина ( $d_2$ ) на расстоянии 5 см от места крепления к листовой пластинке; у цветоносов – длина ( $l_{цв}$ ), а также диаметр ( $d_{цв}$ ) на расстоянии 5 см от места крепления к бутону, цветку или плоду. У бутонов определялся диаметр ( $d_{бум}$ ), у цветков – высота завязи ( $h_{зв}$ ), у плодов – диаметр плода ( $D_{пл}$ ) в самом широком месте и диаметр его шейки ( $d_{пл}$ ) непосредственно под рыльцевым диском, а также высота плода ( $h_{пл}$ ). Кроме того, фиксировалась сырая масса каждого экземпляра листовых пластинок, черешков, цветоносов, бутонов, цветков и плодов в отдельности. Промеры листовых пластинок ( $l_1$ ,  $l_2$ ,  $w$ ), длины черешков ( $l_4$ ) и цветоносов ( $l_{цв-са}$ ) проводились с использованием измерительной металлической линейки (ГОСТ 427-75) с точностью до 0,1 см. Толщина ( $d_1$ ) и ширина ( $d_2$ ) черешка измерялись при помощи штангенциркуля (ГОСТ 166-89), который также использовался для измерения диаметра цветоносов ( $d_{цв}$ ), бутонов ( $d_{бум}$ ), высоты завязи цветков ( $h_{зв}$ ) и плодов ( $h_{пл}$ ), диаметра плода ( $D_{пл}$ ) и его шейки ( $d_{пл}$ ). Определение сырой массы органов проводилось путем взвешивания на весах ВМ 213 после предварительного удаления излишней влаги с помощью фильтровальной бумаги. Значения массы записывались с точностью до 0,01 г. Линейные параметры выражались в сантиметрах, а масса – в граммах. Аналогичные морфометрические измерения всех надземных органов растений также проводились еженедельно на выбранных учетных площадках. Визуально в процентах определялись и фиксировались повреждения (доля утраченных, съеденных, засохших или отгнивших) органов на момент наблюдения.

При статистической обработке морфометрических и весовых данных применялся корреляционный и регрессионный анализы. В работе все расчеты приведены для сырой массы, так как именно

сырая масса принимает непосредственное участие в процессах, протекающих в водоеме.

### Результаты

С помощью парного корреляционного анализа линейных размеров ( $l_1$ ,  $l_2$ ,  $w$ ) подводных гофрированных и плавающих кожистых листовых пластинок было установлено, что их рост носит изометрический характер. Нами были получены отношения линейных размеров ( $l_1$ ,  $l_2$ ,  $w$ ) подводных гофрированных и плавающих (либо воздушных) листовых пластинок относительно друг друга. Для подводных гофрированных листьев:  $l_1/l_2 = 0,66 \pm 0,04$ ,  $l_1/w = 0,60 \pm 0,05$ ; для плавающих и воздушных кожистых листовых пластинок:

$$l_1/l_2 = 0,66 \pm 0,02, \\ l_1/w = 0,78 \pm 0,05.$$

Часто в природных условиях листовые пластинки имеют значительные повреждения, из-за чего бывает невозможно определить какой-то из линейных размеров ( $l_1$ ,  $l_2$ ,  $w$ ) листовых пластинок. Полученные отношения позволяют вычислить значения недостающих линейных размеров, зная сохранившиеся. Также эти соотношения можно использовать для расчета опада (мортмассы) листовых пластинок, что, в свою очередь, позволит оценить их продукцию.

Получен ряд уравнений зависимости сырой массы от линейных размеров различных органов и их частей, которые имеют степенной характер и могут быть в общем виде описаны уравнением:

$M = q \times x^p$ , где  $M$  – сырая масса,  $q$  и  $p$  – эмпирические коэффициенты,  $x$  – аргумент – измеряемый (получаемый) параметр. В свою очередь, для каждого из них рассчитаны коэффициенты детерминации ( $R^2$ ), которые содержат информацию о том, насколько хорошо модель (полученное расчетное уравнение) подходит под исходные данные (то есть насколько график модельных значений совпадает с графиком наблюдаемых значений). В таблице 1 представлены эмпирические коэффициенты ( $q$  и  $p$ ) и измеряемый (вычисляемый) параметр ( $x$ ), с помощью которых можно рассчитать значения сырой массы различных органов и их частей кубышки желтой, а также коэффициенты детерминации ( $R^2$ ).

Таблица 1

Эмпирические коэффициенты и используемые аргументы для расчета сырой массы органов *N. lutea* кубышки по их линейным размерам

Тип органа, часть		Объем данных	$x$	$q$	$p$	$R^2$	
Вегетативные органы	Листовые пластинки	Свернутые	417	$l_2$	0,0105	2,23	0,96
		Подводные гофрированные	298	$l_1$	0,0416	2,11	0,8
		Плавающие и воздушные кожистые	764	$l_1$	0,031	2,32	0,92
	Черешки	1045	$l_ч$	0,18	1,04	0,79	
			$V_{усл.ч}$	0,783	0,97	0,92	
Генеративные органы	Цветоносы	121	$V_{усл.цв-са}$	0,971	0,87	0,95	
	Бутоны	47	$d_{бут}$	0,455	2,66	0,98	
	Цветки	34	$h_{зв}$	0,156	2,64	0,91	
	Плоды	67	$V_{усл.пл}$	0,939	0,7	0,93	

Определение сырой массы черешков по их длине возможно лишь для приблизительной оценки их фитомассы. Об этом свидетельствует низкий (0,79) коэффициент детерминации. Для более точного определения фитомассы при расчетах целесообразно использовать объемные величины – «условный объем черешков». «Условный объем черешка» ( $V_{усл.ч}$ ,  $см^3$ ) находили умножением «условной площади» ( $см^2$ ) поперечного сечения ( $S_{усл}$  – в приближении равнобедренный треугольник) на расстоянии 5 см от места крепления черешка к листовой пластинке на длину черешка ( $l_ч$ ,  $см$ ). Коэффициент детерминации при таком подходе довольно высокий (0,92).

По аналогичным причинам целесообразно прибегнуть к объемным величинам и для цвето-

носов. «Условный объем цветоносов» рассчитывали по формуле для объема цилиндра путем умножения «условной площади» сечения ( $S_{усл}$ ,  $см^2$ ) в 5 см от места крепления цветоноса к бутону, цветку или плоду на длину цветоноса ( $l_{цв-са}$ ,  $см$ ).

Методы статистического анализа данных отдельных частей вегетативных и генеративных органов изучаемых растений позволили получить расчетные уравнения для определения их фитомассы.

#### Заключение

На основании полученных расчетных формул можно определять фитомассу *Nuphar lutea*, и, вероятно, других представителей рода *Nuphar* Smith. Метод, основанный на морфометрических

показателях различных органов растений, дает возможность проследить сезонную динамику биомассы. Предложенный способ оценки повреждений различных органов позволяет с высокой

точностью оценить годовую, сезонную и месячную чистую первичную продукцию изучаемых растений.

#### Библиографический список

1. Катанская, В. М. Методика исследования высшей водной растительности [Текст] / В. М. Катанская // Жизнь пресных вод СССР. – Т. IV. Ч. I. – М.-Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1956. – С. 160–182.
2. Катанская, В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР [Текст] / В. М. Катанская // Методы изучения. – Л. : Наука, 1981. – 187 с.
3. Кокин, К. А. К определению зависимости между морфологическими показателями высших водных растений и их массой. I. Кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Sibth. et Sm.) [Текст] / К. А. Кокин, В. Н. Носов // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. – 1981. – № 4. – С. 86–88.
4. Лапиров, А. Г. Экологические группы растений водоемов [Текст] / А. Г. Лапиров // Гидробиотаника: методология, методы: материалы школы по гидробиотанике. – Рыбинск, 2003. – С. 5–22.
5. Папченков, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья [Текст] / В. Г. Папченков. – Ярославль : ЦМП МУБиНТ, 2001. – 214 с.
6. Распопов, И. М. Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера [Текст] / И. М. Распопов // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. – Л. : Наука, 1973. – С. 123–142.