

И.В. САВИЧ, Т.А. МАКАРЕВИЧ, А.П. ОСТАПЕНЯ

### ДИНАМИКА ДРИФТА МЕТАФИТОНА

В разные периоды вегетационного сезона в водоемах и водотоках Беларуси наблюдается дрейф метафитона [1]. Метафитон представляет собой агрегированный в результате волновой деятельности планктон или отделившийся от субстрата и всплывший на поверхность эпибентос или перифитон [2]. Образование метафитона – это природное явление, обычно оно кратковременно и, как правило, проходит незамеченным. Однако иногда формирование и дрейф метафитона может приобретать значительные масштабы, создавая серьезные экологические проблемы, которые связаны с ухудшением качества воды, перераспределением загрязняющих веществ в водных экосистемах [3]. Источником метафитона могут служить как прикрепленные (эпибентос, перифитон), так и планктонные сообщества. В первом случае метафитон представлен оформленными матами, во втором – пенообразной массой [4, 5]. Основу метафитона в обоих случаях составляют водоросли, бактерии и детрит, в разном соотношении в зависимости от конкретных условий присутствуют беспозвоночные и гифомицеты.

Целью данной работы было изучение динамики дрейфа метафитона и выявление факторов, определяющих интенсивность дрейфа.

#### Материал и методика

Работа выполнена на примере городского участка р. Свислочь (ул. Пулихова – станция метро «Первомайская») в апреле-мае 2000 г. и в апреле-июне 2005 г. Сбор метафитона проводили на прямом участке реки (район ст. метро «Первомайская»), следующем непосредственно за мелководной излучиной, которая является зоной интенсивного формирования метафитона. Преобладающие грунты на мелководье – песок и песок заиленный, значительно развита высшая водная растительность (доминируют *Potamogeton pectinatus* L. и *P. friesii* Rupr.). Глубина реки в месте сбора метафитона 2 м, ширина русла 39 м.

Дрейфующий метафитон в 2000 г. собирали с помощью специальной сети, сконструированной по типу нейстонного трала. Основные параметры сети: входное отверстие прямоугольного сечения шириной 60 см, высотой - 20 см, длина конуса - 100 см; размер ячеи - 0,5 мм. Для сбора метафитона поверхность воды драгировали сетью, протягивая через поперечное сечение реки (в четырех повторностях). Зная размеры входного отверстия сети и ширину реки, рассчитывали площадь поверхно-

сти, с которой собирали метафитон. Количество метафитона рассчитывали на  $1\text{ м}^2$  поверхности реки. Одновременно измеряли температуру, концентрацию растворенного в воде кислорода и уровень воды в реке. В 2005 г. метафитон собирали с помощью рыболовного подъемника площадью  $1\text{ м}^2$ , поверх сети которого прикрепляли полотно крупноячеистого мельничного газа (размер ячеи 0,5 мм). Пробы отбирали с моста в 18 точках вдоль сечения реки, расстояние между которыми составляло примерно 2 м. Таким образом, облавливали  $18\text{ м}^2$  речной поверхности. Собранный материал объединяли в одну пробу. Процедуру отбора проб повторяли трижды. Количество метафитона рассчитывали на  $1\text{ м}^2$  поверхности реки. Параллельно измеряли температуру воды, электропроводность (кондуктометр марки «Conductivity meter HANNA instruments HI 8733»), pH (membrane pH-meter HANNA instruments HI 8318). Для оценки концентрации сестона и хлорофилла взвесь собирали на ядерные фильтры с диаметром пор 1,5 мкм. Содержание суммарного хлорофилла оценивали стандартным спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах. Концентрацию растворенного в воде кислорода определяли методом Винклера. Сырую и абсолютно сухую (высушенный до постоянной массы метафитон при температуре  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) массу определяли гравиметрически.

### **Результаты и их обсуждение**

Как показали наблюдения, основным источником формирования метафитона в р. Свислочь являются прикрепленные сообщества – главным образом эпилентос, в меньшей степени перифитон. Формирование метафитона из обрастаний осуществляется по следующей схеме: при определенном сочетании уровня солнечной радиации, прозрачности и температуры воды, а также обеспеченности биогенными элементами идет бурное развитие эпилентоса и перифитона; в сообществах последних резко преобладает автотрофная компонента – это, по сути дела, водорослевые маты; интенсивность фотосинтеза высокая, выделяющийся кислород не успевает растворяться, и образует на поверхности и в толще водорослевого мата пузыри, придающие ему положительную плавучесть; мат отрывается от субстрата и всплывает на поверхность [1]. Мы неоднократно визуально наблюдали процесс отделения от субстрата и поднятие на поверхность водорослевых матов, содержащих кислородные пузыри.

Дрифт метафитона имеет четко выраженный суточный ритм: минимальное количество метафитона наблюдается в утренние часы, максимальное – во второй половине дня, как правило, в промежутке времени между 18 – 19 часами вечера (табл.1). Характер суточного ритма постоянен на протяжении всего периода дрейфа и повто-

ряется из года в год [3]. В основе определения этого ритма лежит суточный ход интенсивности фотосинтеза. Временной сдвиг между максимумом фотосинтеза и интенсивностью дрефта объясняется тем, что необходимо определенное время для накопления в водорослевом мате кислородных пузырей в таком количестве, которое приводит к отрыванию эпибентоса от субстрата и всплыванию его на поверхность реки. Дрифт метафитона в суточном цикле тесно коррелирует с величиной суммарной солнечной радиации, поступающей на единицу водной поверхности ( $R = 0,709$ ), температурой воды ( $R = 0,718$ ), концентрацией растворенного в воде кислорода ( $R = 0,798$ ) и процентом насыщения воды кислородом ( $R = 0,787$ ). Очевидно, что все эти абиотические факторы связаны между собой и с интенсивностью фотосинтеза.

Таблица 1

**Суточный цикл дрефта метафитона и некоторых абиотических факторов среды р. Свислочь, 2000 г.**

Время суток	* Суммарная радиация, мДж/м <sup>2</sup>	Температура, °С	Кислород		Количество метафитона, г абсолютно сухой массы / м <sup>2</sup> речной поверхности (среднее значение ±SD)
			концентрация в воде, мг/л	процент насыщения	
21. 04. 2000 г.					
7 <sup>34</sup>	1,29	12	8,2	73,1	0
10 <sup>36</sup>	7,18	13,3	9,5	91,1	0,01±0,01
14 <sup>42</sup>	16,9	15,1	12,68	126,7	0,47±0,24
17 <sup>39</sup>	21,6	15,7	13,56	137,2	1,32±0,37
20 <sup>42</sup>	22,0	14,6	12,14	122,5	0,15±0,04
23 <sup>34</sup>	-	14,3	9,67	94,9	0
22. 04. 2000 г.					
2 <sup>46</sup>	-	14,0	8,22	80,1	0
5 <sup>35</sup>	-	13,8	7,94	74,1	0

Примечание. \* – Приведены величины суммарной радиации за период, предшествующий времени отбора пробы.

В таблицах 2 и 3 приведены данные, дающие представление о сезонной динамике дрефта метафитона в р. Свислочь. Образование и дрефт метафитона происходит с разной степенью интенсивности, как правило, с начала апреля по начало-середину июня. Многолетние наблюдения (1997–2005 гг.) показывают, что продолжительность и интенсивность дрефта в разные годы могут заметно различаться. Так, в 2000 г. дрефт метафитона продолжался с 4 апреля по 18 мая, а количество метафитона в период максимального в суточном цикле дрефта изменялось от величин, близких к 0 до  $4,52 \pm 3,00$  г сухой массы / м<sup>2</sup> (см. табл. 2). В 2005 г. первые фрагменты метафитонных матов появились уже 30 марта, а завершился дрефт только 8 июня, максимальное количество метафитона составило  $25,69 \pm 11,49$  г сухой массы / м<sup>2</sup> (см. табл. 3).

Одной из важных задач исследований было определение факторов, влияющих на динамику дрейфа метафитона. Интенсивность дрейфа сильно зависит от погодных условий (см. табл. 3). Так в пасмурные дождливые дни метафитон на поверхности реки, как правило, отсутствует полностью, либо наблюдается в небольших количествах. Очевидно, что в такие дни фотосинтез не обеспечивает выделение необходимого для отрывания от субстрата водорослевого мата количества кислорода. Кроме того, как показали наблюдения, немногочисленные поднимающиеся на поверхность фрагменты матов механически разрушаются потоками дождя.

Таблица 2

**Динамика дрейфа метафитона в р. Свислочь, 2000 г. Данные относятся к периоду максимального в суточном цикле дрейфа – 18<sup>00</sup>-18<sup>30</sup>**

Дата	Температура воды, °С		Уровень воды, см	Количество метафитона, г абсолютно сухой массы / м <sup>2</sup> речной поверхности (среднее значение ±SD)
	поверхность	дно		
4. 04	4,5	4,5	–	–
21. 04	15,7	–	–	1,32±0,37
24. 04	–	–	–	0,71±0,03
25. 04	18,5	–	65	0,19±0,07
26. 04	19,3	19,1	–	0,23±0,08
27. 04	20,2	20,0	54,5	0,97±0,25
28. 04	20,6	20,6	61	1,06±1,04
29. 04	20,5	20,5	58	4,02±3,69
2. 05	16,4	16,4	72	0,79±0,18
4. 05	15,6	15,6	71,5	1,89±0,67
5. 05	16,2	16,2	70,5	4,52±3,00
11. 05	18,4	18,4	81	0
18. 05	17,6	17,6	71,5	0,11±0,02
19. 05	17,6	17,6	71,0	0

В таблицах 4-5 приведены данные корреляционного анализа некоторых абиотических и биотических показателей водной среды и количественных характеристик метафитона. Учитывая отсутствие метафитона в дождливые дни, анализ данных проведен в двух вариантах: анализировали все данные, включая и дождливые дни; анализировали данные за вычетом дождливых дней. При обоих подходах к анализу установлен одинаковый характер связи интенсивности дрейфа с факторами среды, однако, коэффициенты корреляции при исключении влияние дождей заметно выше.

Результаты анализа показывают, что интенсивность дрейфа наиболее тесно коррелирует с концентрацией хлорофилла в воде. Характер связи этих показателей представлен на рисунке 1.

**Динамика дрефта метафитона в р. Свислочь, 2005 г.**  
**Данные относятся к периоду максимального в суточном цикле дрефта – 18<sup>00</sup>-18<sup>30</sup>**

Дата	Температура воды, °С	Кислород		Концентрация в воде сес-тона, мг/л	Концентрация в воде хлорофилла, мкг/л	Электропроводность, мкС	рН	Количество метафитона, г абсолютно сухой массы / м <sup>2</sup> речной поверхности (среднее значение ±SD)	Погодные условия
		концентрация в воде, мг/л	насыщение, %						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30.03	–	–	–	–	–	–	–	Около 0	Солнечно.
08.04	7,9	14,27	120,5	4,80	13,55	327	–	Около 0	Солнечно, но сильный ветер.
11.04	8,9	13,18	114,0	5,25	11,11	380	–	Около 0	Утром пасмурно. К середине дня прояснение. Ветрено весь день. $T_{\text{возд}}$ около 13 °С.
15.04	11,3	12,69	115,1	4,82	10,72	375	–	1,41±0,26	Тепло, солнечно, слабый ветер. $T_{\text{возд}}$ . 16-18 °С
18.04	13,5	10,44	101,3	4,78	7,88	378	–	0,10±0,04	Пасмурно. Кратковременные дожди. $T_{\text{возд}}$ . 10-12 °С.
21.04	11,5	11,80	109,5	4,79	5,11	377	–	6,15±2,42	Ясно, сильный холодный ветер. $T_{\text{возд}}$ . около 13 °С.
25.04	10,0	12,70	112,5	3,93	5,12	364	–	6,30±0,93	Солнечно. Тихо. $T_{\text{возд}}$ около 13 °С.
27.04	9,0	11,17	96,6	5,93	6,78	350	–	0	Весь день шел дождь. Безветренно. $T_{\text{возд}}$ . 8-10 °С.
29.04	11,5	11,42	106,0	5,05	6,19	365	–	7,78±2,80	Облачно с прояснениями. Порывистый ветер. $T_{\text{возд}}$ около 13 °С.
02.05	13,5	11,60	112,6	4,72	4,22	370	–	25,69±11,49	Солнечно, ветрено. $T_{\text{возд}}$ . 14-16 °С.

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05.05	13,0	10,10	95,9	4,33	5,03	373	–	0,11±0,06	Пасмурно. Кратковременные дожди. Спокойно. $T_{\text{возд.}}$ 14-16 °С.
11.05	13,5	10,56	102,5	5,22	5,33	363	8,52	0,96±0,14	Утром солнечно, тепло. Во второй половине дня кратковременный дождь. Ветер слабый. $T_{\text{возд.}}$ около 16 °С.
13.05	12,5	10,25	97,3	6,93	6,8	-	8,40	0,20±0,05	В первой половине дня кратковременные дожди. Холодно, ветрено. Во второй половине – облачно с прояснениями. $T_{\text{возд.}}$ 8-9 °С.
16.05	13,0	10,48	99,5	6,56	5,6	-	8,49	Около 0	Пасмурно. Кратковременные дожди. Ветрено. Волнения на реке. $T_{\text{возд.}}$ 14-16 °С.
19.05	14,0	9,01	87,4	17,50	11,25	316	8,44	0	Ночью и весь день шел дождь. Порывистый ветер. К вечеру дождь прекратился, спокойно. $T_{\text{возд.}}$ около 11 °С.
23.05	16,0	10,66	108,0	14,44	10,8	366	8,48	0,75±0,27	Солнечно, спокойно, тепло. $T_{\text{возд.}}$ около 26 °С.
25.05	18,0	9,37	99,0	8,79	7,5	386	8,53	0,02±0,01	Ночь шел дождь. Днем пасмурно, кратковременные дожди. Вечером – солнечно, слабый ветер. $T_{\text{возд.}}$ около 21 °С.
27.05	21,0	9,63	108,0	13,22	8,94	410	8,55	0,66±0,40	Солнечно, временами ветер. $T_{\text{возд.}}$ 25-27 °С.
30.05	23,0	9,57	111,6	9,78	9,86	429	8,45	0,56±0,33	Солнечно, жарко, слабый ветер. $T_{\text{возд.}}$ около 31 °С.
01.06	20,5	8,10	90,9	11,39	11,52	400	–	0	Облачно с прояснениями, Сильный порывистый ветер. $T_{\text{возд.}}$ 15-17 °С
03.06	18,5	8,61	92,8	12,45	11,34	402	–	0,01±0,00	Облачно с прояснениями, Кратковременные дожди. $T_{\text{возд.}}$ около 18 °С.
08.06	20,0	8,96	98,5	14,55	14,38	394	–	0	Солнечно, слабый ветер. $T_{\text{возд.}}$ 18-20 °С.

Таблица 4

**Взаимосвязь исследованных показателей в р. Свислочь, 2000 г.**

	Температура воды, °С	Уровень воды, см
Температура воды, °С	1	
Уровень воды, см	-0,697	1
Масса метафитона, г сух. в-ва / м <sup>2</sup>	0,177	-0,292

Таблица 5

**Взаимосвязь исследованных показателей в р. Свислочь, 2005 г.**

	$T_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	$C_{\text{кисл}}, \text{мг/л}$	$C_{\text{сест}}, \text{мг/л}$	$C_{\text{хл}}, \text{мкг/л}$	$E, \text{мкС}$
$T_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	1				
$C_{\text{кисл}}, \text{мг/л}$	-0,814 (-0,934)	1			
$C_{\text{сест}}, \text{мг/л}$	0,676 (0,813)	-0,689 (-0,795)	1		
$C_{\text{хл}}, \text{мкг/л}$	0,311 (0,248)	-0,134 (-0,174)	0,602 (0,518)	1	
$E, \text{мкС}$	0,741 (0,849)	-0,452 (-0,774)	0,145(0,530)	0,060 (0,057)	1
Масса метафитона, г сух. в-ва / м <sup>2</sup>	-0,160 (-0,221)	0,264 (0,159)	-0,316 <b>(-0,435)</b>	<b>-0,473</b> <b>(-0,736)</b>	-0,078 (-0,213)

Примечание: в скобках указаны значения коэффициентов без учета дождливых дней;  $T_{\text{воды}}$  – температура воды;  $C_{\text{кисл}}$ ,  $C_{\text{сест}}$ ,  $C_{\text{хл}}$  – концентрации растворенного в воде кислорода, сестона, хлорофилла соответственно;  $E$  – электропроводность.

Обратная связь между интенсивностью дрефта метафитона и концентрацией хлорофилла в воде, отражающей уровень развития фитопланктона, объясняется следующим образом. Как известно [2], развитие и продукционная активность эпибентоса находится в обратной зависимости от развития водорослевой компоненты планктона, так как между ними существует конкурентная взаимосвязь за свет. Чем интенсивнее продукция фитопланктона, тем больше света поглощается толщей воды, и тем меньше полезной солнечной радиации достигает дна, а, следовательно, возможность развития донных сообществ, которые являются основным источником формирования метафитона в р. Свислочь, снижается.

Обратная зависимость между интенсивностью дрефта метафитона и общим содержанием взвешенных веществ (см. табл.5) также определяется ухудшением условий освещенности донных сообществ при увеличении количества взвеси. Учитывая, что общее содержание взвешенных веществ есть функция автотрофной активности фитопланктона, можно заключить, что продолжительность и интенсивность дрефта метафитона в сезонном цикле определяется, прежде всего, конкурентными взаимоотношениями донных водорослевых сообществ с фитопланктоном.

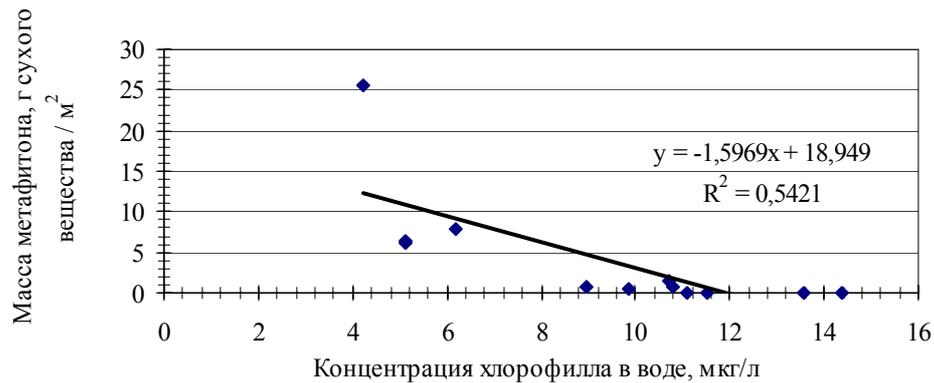


Рис. 1. Зависимость интенсивности дрефта метафитона от концентрации хлорофилла в воде

### Заключение

Дрифт метафитона имеет четко выраженный суточный ритм: минимальное количество метафитона наблюдается в утренние часы, максимальное – во второй половине дня. В основе определения этого ритма лежит суточный ход интенсивности фотосинтеза. Временной сдвиг между максимумом фотосинтеза и интенсивностью дрефта объясняется тем, что необходимо определенное время для накопления в водорослевом мате кислородных пузырей в таком количестве, которое приводит к отрыванию эпибентоса от субстрата и всплыванию его на поверхность реки. Продолжительность и интенсивность дрефта метафитона в сезонном цикле определяется, прежде всего, конкурентными взаимоотношениями донных водорослевых сообществ с фитопланктоном.

1. Макаревич Т.А., Остапеня А.П. // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы Междунар. науч. конф. Мн., 2000. С. 226.
2. Wetzel R.G. Limnology. 2<sup>nd</sup> Edition. – Saunders College Publishing, Philadelphia, 1983a. – 858 p.
3. Макаревич Т. А., Остапеня А. П., Дубко Д. В., Жукова Т. В., Ковалевская Р.З., Никитина Л. В. // Итоги и перспективы гидроэкологических исследований: Материалы Междунар. конф. Мн., 1999. С. 147.
4. Макаревич Т.А., Остапеня А.П., Савич И.В. // Актуальные проблема современной альгологии: Тез. докл. III Междунар. конф. Харьков, 2005. С. 87.
1. Остапеня А.П., Макаревич Т.А., Савич И.В., Деренговская Р.А., Никитина Л.В. // Актуальные проблемы экологии: Мат. I Междунар. конф. Гродно, 2005. С 122.