

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

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕТАФИТОННЫХ МАТОВ

Образование метафитона в реках Беларуси в последнее десятилетие приобрело массовый характер и превратилось в серьезную экологическую проблему [1, 2, 3]. В силу высокой аккумулярующей способности метафитона в отношении широкого спектра загрязняющих веществ [4, 5], дрейф (снос по течению) метафитона является важным механизмом пространственного перераспределения загрязнений. В период массового дрейфа снижается эстетический потенциал реки. Кроме того, не вызывает сомнения, что метафитон оказывает многовекторное воздействие на функционирование речной экосистемы, влияя на кислородный и биогенный режим водотока, проникновение солнечной радиации в толщу воды, свойства поверхностной пленки, биоразнообразие в водной массе и др. Для понимания направленности этого воздействия и прогнозирования и оценки последствий, к которым оно может привести, необходимо иметь четкие представления об источниках и механизмах формирования, а также о закономерностях трансформации метафитона. На сегодняшний день источники и механизмы образования метафитона в общих чертах установлены [3, 6, 7], однако скорость и направленность процесса трансформации практически не изучена.

В настоящей работе представлены результаты лабораторного эксперимента по оценке скорости и выявлению основных закономерностей трансформации структуры метафитонных матов эпибентосного происхождения.

Материал и методы

Суть экспериментов сводилась к прямому наблюдению за трансформацией структуры метафитонного мата при помощи стереоскопического микроскопа марки Zeiss Stemi 2000 при увеличении $\times 8$, $\times 16$, $\times 24$, $\times 56$. Материал для исследования собран на р. Свислочь в центре г. Минска. Образцы типичных метафитонных матов, представляющих собой фрагменты только что отделившегося от дна и всплывшего на поверхность реки эпибентоса, поместили в кристаллизаторы с речной водой и экспонировали в условиях естественной освещенности. Через определенные промежутки времени (от 3 до 5 часов) структуру мата исследовали методом прямого микроскопирования. Основные этапы трансформации мата фиксировали фото- и видеосъемкой.

Эпибентос, который представляет собой по сути водорослево-бактериальные маты [8], отрываясь от дна водоема и поднимаясь на поверхность реки, попадает в

условия среды, к которым он не адаптирован. Это, прежде всего, избыточная инсоляция и принципиально отличная от придонного слоя гидродинамика водных масс. Кроме того, сообщества переходят от прикрепленного способа существования к не свойственному для них взвешенному состоянию, что влечет за собой изменение условий минерального питания, гидродинамического воздействия и др.

Результаты и их обсуждение

Результаты наблюдений за изменением структуры мата представлены в таблице 1. Основные этапы трансформации мата иллюстрирует рисунок 1.

Таблица 1

Трансформация структуры метафитонного мата

Время наблюдения	Экспозиция, час	Характеристика структуры мата
1	2	3
21 ⁰⁰ 3.06.04	0	Мат представляет собой целостную, достаточно устойчивую структуру (см. рис. 1 А). Визуально различимы два слоя – верхний плотный, темно-сине-зеленого цвета и нижний более рыхлый, темно-бурого цвета. Во всем объеме мата многочисленны кислородные пузыри. Верхний слой плотно выстлан сильно ослизненными нитями гормогониевых синезеленых водорослей (доминирующий вид <i>Oscillatoria limosa</i>). Создается впечатление, словно мат залит желейной массой. По краям мата прослеживается его объемная внутренняя структура. Внутри мат состоит из хлопьевидных частиц бурого цвета, которые переплетаются нитями синезеленых водорослей. Очевидно, что устойчивость целостной структуры мата обеспечивается скрепляющей ролью ослизненных нитей синезеленых водорослей. Микроскопирование (×400) хлопьевидных частиц показало, что они состоят из детрита, ассоциированного с большим количеством водорослей (преимущественно диатомовых), бактерий и грибов. Между частицами мата много беспозвоночных: в массе коловратки, нематоды, олигохеты, встречаются босмины, гидры, планарии, колонии круглоресничных инфузорий. На поверхности мата лежит мертвая ли-

		<p>чинка стрекозы. Кишечники планарий, нематод и олигохет набиты диатомовыми водорослями. Наблюдали непосредственно процесс «пастьбы» червей. Очевидно, что в мате беспозвоночные находят обильную пищу.</p> <p>Трансформация мата начинается уже в процессе первого наблюдения. Мат как бы «распушается», т.е. нити синезеленых, а точнее пучки нитей, начинают приподниматься над поверхностью мата, что особенно заметно по краям (см. рис. 1 В). Пучки нитей ориентированы в толщу воды. Почему это происходит? Наблюдали, как лопаются кислородные пузыри, и в этом месте происходит нарушение слоя слизи, выделяемой синезелеными водорослями. Слой слизи плотно прижимает нити водорослей к поверхности мата, при нарушении слизистого слоя нити частично распрямляются. Целостность слизистого слоя нарушена по краям мата, поэтому здесь наблюдается наиболее заметное «распушение» нитей.</p>
2 ⁰⁰ 4.06.04	5	<p>Мат существенно разрыхлился. Кислородных пузырей стало заметно меньше. Совершенно изменился характер распределения нитей синезеленых водорослей: вместо пучков нитей по краям мата, ориентированных в толщу воды, наблюдаем одиночные нити, стелющиеся по поверхностной пленке воды, причем нити заметно удлинились (см. рис. 1 С). Создается впечатление маслянистой пленки на поверхности воды вокруг мата.</p>
7 ⁰⁰ 4.06.04	10	<p>Мат разрыхлен значительно сильнее, по сравнению с предыдущим наблюдением. Слизистая пленка на поверхности мата стала заметно тоньше. Нити синезеленых подробились на небольшие фрагменты (гормогонии) – результат размножения, свойственного гормогониевым водорослям. Значительная часть гормогониев вышла из мата и располагается в поверхностной пленке воды. Высокая активность животных. Зафиксировано, как черви своей двигательной активностью способствуют разрыхлению мата.</p>
10 ⁰⁰ 4.06.04	13	<p>Продолжается разрыхление мата. Кислородных пузырей становится все меньше. Левая сторона мата теряет плавучесть и</p>

		начинает погружаться. Мелкие кислородные пузыри на правой стороне слились в два крупных, которые и не позволяют мату полностью погрузиться.
13 ⁰⁰ 4.06.04	16	Сплошная пленка, образованная ослизненными нитями синезеленых водорослей, «сползает» с поверхности мата. Мат напоминает кочан капусты с развернутыми, но еще не снятыми верхними листьями.
17 ⁰⁰ 4.06.04	20	Часть мата уже полностью потеряла плавучесть и опустилась на дно. Поверхность воды в экспериментальном сосуде устлана нитями синезеленых водорослей. В поверхностной пленке также много длинных блестящих бесцветных тяжей, по форме и размерам подобных нитям синезеленых водорослей. Вероятно, это слизь (мукополисахариды), выделяемая синезелеными. Олигохеты и нематоды вышли из мата и «пасутся» в поверхностной пленке среди нитей синезеленых водорослей.
21 ⁰⁰ 4.06.04	24	Практически весь мат погрузился на дно сосуда (см. рис. 1 D). На поверхности держится только центральная часть мата, в которой остался крупный кислородный пузырь. Почти все синезеленые вышли из мата, длинных нитей не видно, идет интенсивное деление – вся поверхность воды в сосуде покрыта гормогониями, которые начинают распространяться и по стенкам сосуда.
1 ⁰⁰ 5.06.04	28	Мат полностью разрушен и погрузился на дно сосуда. Поверхность воды, стенки сосуда выстланы нитями синезеленых водорослей. Нематоды и олигохеты держатся в поверхностной пленке воды, другие беспозвоночные – в толще.

Таким образом, полная деградация метафитонного мата в условиях лабораторного эксперимента осуществилась за 28 часов. Вероятно, в экспериментальных условиях процесс протекает медленнее, чем в естественных, поскольку исключен такой важный внешний фактор, как гидродинамическое воздействие водных масс. Зная время трансформации метафитонного мата и скорость течения реки можно прогнозировать пространственный перенос метафитона и аккумулированных в нем загрязняющих и эвтрофирующих веществ.

При оценке последствий дрефта метафитона важно знать закономерности трансформации мата. Результаты эксперимента дают основание заключить, что

трансформация структуры мата начинается непосредственно после всплытия его на поверхность. Вначале (примерно первые 5 часов) процесс идет медленно, затем начинает ускоряться, и примерно через 12 часов после всплытия мат в значительной степени теряет свою целостность. С этого времени органическое вещество метафитонного мата, а также аккумулярованные в метафитоне техногенные загрязняющие вещества начинают наиболее интенсивно поступать в толщу и на поверхность воды.

Выводы

На основании проведенных наблюдений можно сделать некоторые выводы относительно механизмов деградации метафитонного мата:

- Уменьшение количества кислородных пузырей, прослеживаемое в ходе эксперимента, обусловлено, с одной стороны, снижением скорости «подкачки» кислорода вследствие фотоингибирования процесса фотосинтеза в условиях избыточной инсоляции, а с другой – интенсивным потреблением кислорода в процессе деструкции и минерализации органического вещества. Известно [9], что водоросли, и, прежде всего донные виды, адаптированы к условиям сумеречного освещения. В водоемах средних широт максимум первичной продукции в поверхностном горизонте практически никогда не наблюдается. Таким образом, кислород, депонированный в толще мата в виде пузырей, поглощается в процессе дыхания организмов метафитона, а новые пузыри не образуются вследствие снижения интенсивности фотосинтеза. В итоге, мат постепенно теряет свою плавучесть.
- Результаты эксперимента однозначно показывают, с одной стороны, большую роль гормогониевых синезеленых водорослей в обеспечении целостности и устойчивости структуры метафитонного мата, а с другой стороны – ключевую роль гормогониевых водорослей в разрушении мата. Сделано наблюдение, чрезвычайно важное для понимания закономерности трансформации мата и влияния этого процесса на гидроэкосистему в целом, – гормогонии, образующиеся при размножении синезеленых водорослей, не остаются в пределах мата, как это происходит в бентосе, а переходят в поверхностную пленку воды, где продолжают свое развитие (см. рис. 1). Таким образом, мат постепенно лишается цементирующих его структуру нитей синезеленых водорослей. С другой стороны, поверхность воды покрывается пленкой, состоящей из нитей синезеленых и обильно выделяемых ими полисахаридов. Формирование этой богатой высокомолекулярным органическим веществом пленки, несомненно, имеет прямое отношение к процессу пенообразования. Процессу пенообразования в лимнологии практически не уделяется внимания. Из океанологии о механизмах пенообразования из-

вестно следующее [10]: пузырьки газа, возникающие в результате гидродинамических процессов, в результате фотосинтеза и разложения органического вещества, разнообразных механизмов газообразования в донных отложениях, пронизывая пелагиаль, адсорбируют органические вещества и транспортируют их на поверхность, где и образуют пену. Концентрирование на поверхности воды высокомолекулярных органических соединений, несомненно, усилит процесс пенообразования (который является основой при образовании метафитона планктонного происхождения [6]).

- Важную роль в разрушении структуры метафитонного мата играет двигательная активность водных беспозвоночных, населяющих мат.

Литература:

1. Остапеня А.П., Макаревич Т.А. // Охрана окружающей среды и природопользование города Минска. Минск, 2005. – С. 94.
2. 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.
3. Макаревич Т.А., Остапеня А.П. // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Междунар. науч. конф. по озерным экосистемам. Минск, 2000. – С. 226.
4. Makarevich T.A. Ostapenya A. P. // 16th Baltic Marine Biologists Symposium. – Klaipeda, 1999. – P. 75.
5. Макаревич Т.А., Остапеня А.П., Дубко Д.В., Жукова Т.В., Ковалевская Р.З., Никитина Л.В. // Итоги и перспективы гидроэкологических исследований: Матер. Междунар. конф. по водным экосистемам. Минск, 1999. – С. 147.
6. Остапеня А. П., Макаревич Т. А. //Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Сб. матер. IV (XXVII) Междунар. конф: в 2-х частях. Вологда, 2005. – Ч. 2. С. 48
7. Sakai M., Nakamoto N. // Verh. Internat. Verein. Limnol. 1994. Vol. 25. P. 1993.
8. Савич И. В. // Мат. 4-й междунар. науч. конф. "Сахаровские чтения 2004 года: экологические проблемы XXI века". Минск, 2004. – С. 103.
9. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: наука, 1983. – 150 с.
10. Зайцев Ю.П. Морская нейстонология. – Киев: Наукова думка, 1970. – 264 с.

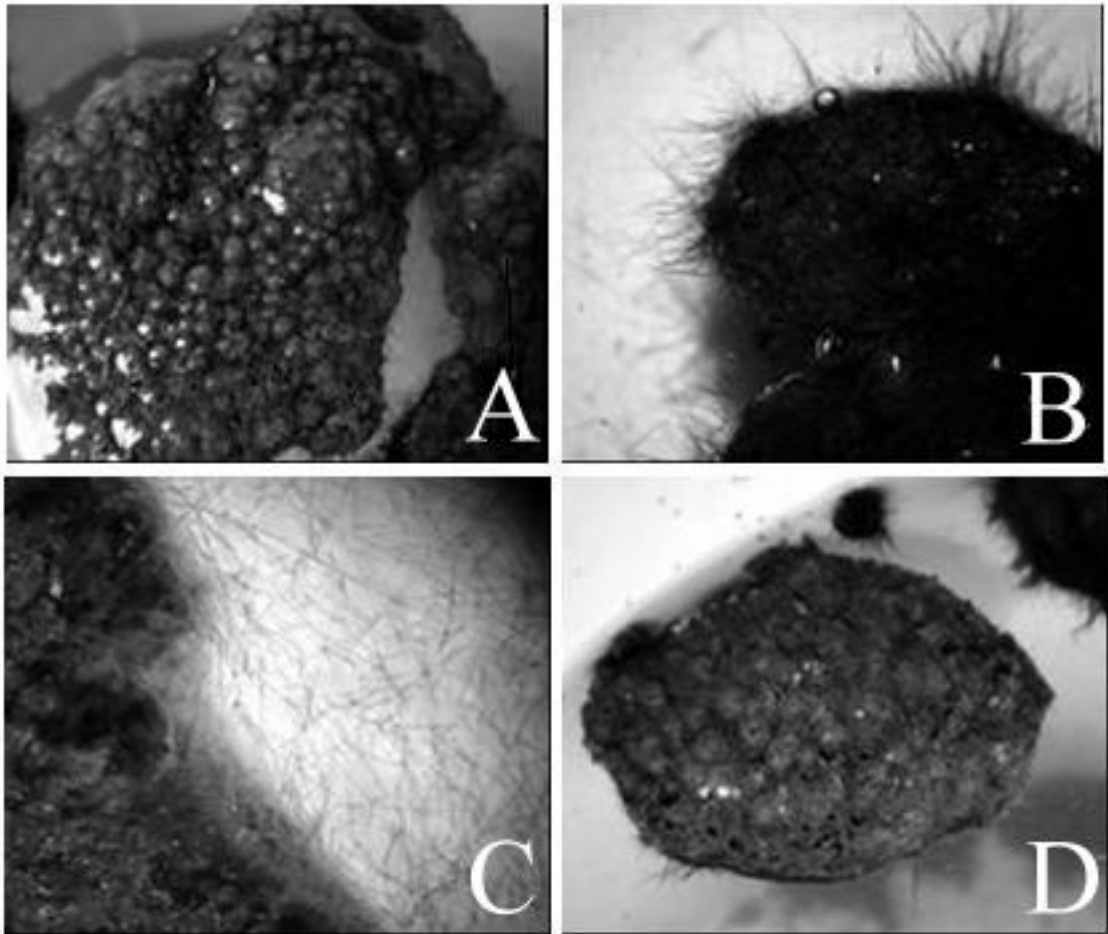


Рисунок 1 – Основные этапы трансформации метафитонного мата
(А – мат до начала трансформации; В – начальная стадия трансформации мата;
С – мат значительно разрыхляется, видны отдельные нити синезеленых водорослей;
D – мат почти полностью погрузился на дно сосуда, синезеленые водоросли вышли
на поверхность воды)