

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 597.593.9.574.632

МИКРОПЛАСТИК В ПИЩЕ БАЛТИЙСКОЙ ПЕСЧАНКИ *AMMODYTES TOBIANUS* ЛИТОРАЛИ КУРШСКОЙ КОСЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

© 2019 г. А. В. Гущин¹, *, Я. В. Веремейчик²

¹Институт океанологии РАН – ИО РАН, Москва, Россия

²Балтийский федеральный университет – БФУ, Калининград, Россия

*E-mail: Poseidon-47@rambler.ru

Поступила в редакцию 09.09.2018 г.

После доработки 10.12.2018 г.

Принята к публикации 24.12.2018 г.

В пищевом комке балтийской песчанки *Ammodytes tobianus*, пойманной на литорали Балтийского моря в районе Куршской косы, обнаружен микропластик двух типов – плёнка и ворсинки-волокна. Микропластик отмечен у 21% исследованных особей, его доля составляет <0.01% массы пищи. Микропластик типа плёнки с помощью инфракрасных спектров определён как полипропилен, находящийся в стадии деструкции.

Ключевые слова: балтийская песчанка *Ammodytes tobianus*, питание, микропластик, спектральный анализ, полипропилен, Куршская коса.

DOI: 10.1134/S004287521904009X

Проблема накопления и трансформации микропластика¹ в водных пищевых цепях стоит весьма остро, хотя нет единого мнения о воздействии микропластика на организм (Lassen et al., 2015). Сложным вопросом является определение химического состава микропластика из-за его небольших размеров и массы. До сих пор нет единой методики сбора и определения микропластика, только 5–10% выделенных частиц микропластика определяются аналитическими методами (Lusher et al., 2017). В организмах гидробионтов микропластик обнаружен только в желудочно-кишечном тракте (Состояние ..., 2018). Всего известно 220 видов гидробионтов, у которых был найден микропластик, большая часть из них относится к промысловым рыбам (Lusher et al., 2017). Наиболее загрязнены микропластиком воды Тихого океана, Бенгальского залива и Средиземного моря (GESAMP, 2016). Встречается микропластик в Балтийском море. На пляжах Калининградской области масса и количество микропластика составляет в среднем 370–7330 мг/м², или 42–1150 частиц/м² (Esiukova, 2017; Есюкова и др., 2017). В пищевом комке балтийской песчанки *Ammodytes tobianus* микропластик был обнаружен впервые.

Цель работы – определить типы и состав частиц микропластика, найденных в желудочно-кишечном тракте балтийской песчанки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы служили пищевые комки балтийской песчанки, пойманной мальковым неводом в августе 2015 г. на морской литорали Куршской косы. Желудочно-кишечные тракты фиксировали 4%-ным раствором формальдегида и анализировали по стандартной методике (Методическое пособие ..., 1974). Всего были проанализированы желудочно-кишечные тракты 65 рыб, все содержали пищу.

Из пищевого комка каждого желудочно-кишечного тракта, содержащего микропластик, его частицы собирали в отдельную пробу. Затем из этих проб отбирали общие пробы двух встречающихся типов микропластика – ворсинки-волокна и плёнку. У каждой частицы микропластика измеряли максимальную длину.

Для проведения спектрального анализа вещества необходимо собрать на предметном стекле типа KBr (бромид калия) пробу площадью 0.5–0.8 см². Собрать такую пробу удалось только для микропластика типа плёнки. Для микропластика типа ворсинки-волокно собрать пробу необходимой площади не удалось из-за малой площади каждой ворсинки. Однако при сжигании этих частиц образовался спекшийся неразрушае-

¹ Микропластик – это твёрдые частицы и волокна пластика различной формы и цвета, размеры которых не превышают 5 мм (Состояние ..., 2018).

Таблица 1. Состав пищи балтийской песчанки *Ammodytes tobianus* в августе 2015 г., литораль Куршской косы, Балтийское море (Гущин, 2017)

Компонент пищи и другие показатели	Доля массы пищи, %	Частота встречаемости, %
Hydrozoa	0.22	2.33
Crustacea:		
– Gammarida	2.01	2.33
– неидентифицированные	23.65	23.26
<i>Ammodytus tobianus</i> , молодь	43.08	6.98
Переваренная пища	31.04	44.17
Микропластик	<0.01	20.93
Переваренность пищи, баллы	<u>3.76 ± 0.09</u>	
	0.53	
Число исследованных рыб	65	
Число желудочно-кишечных трактов с пищей	65	
Масса пищи, г	<u>0.07 ± 0.14</u>	
	0.08	
Индекс наполнения, ‰	<u>130.06 ± 28.64</u>	
	167.03	

Примечание. Здесь и в табл. 2: над чертой – среднее значение и его ошибка, под чертой – стандартное отклонение.

Таблица 2. Размеры частиц микропластика и пищевых объектов из кишечно-желудочного тракта балтийской песчанки *Ammodytes tobianus*

Компонент пищи	Длина, мм		
	средняя	минимальная	максимальная
Микропластик:			
– плёнка	<u>0.83 ± 0.11</u> 0.38	0.4	1.5
– ворсинки-волокна	<u>7.22 ± 1.55</u> 4.37	1.7	12.0
– все типы	<u>3.39 ± 0.93</u> 4.18	0.4	12.0
Пищевые объекты	<u>15.65 ± 5.57</u> 18.48	0.3	41.0

мый шарик вещества, что указывает на синтетическое происхождение анализируемых волокон. Иногда для этой цели используют раскалённую иглу (Karlsson et al., 2017). Частицы плёнки были исследованы с помощью инфракрасных (ИК) спектров, которые были записаны на ИК-Фурье-спектрометре BrukerVertex 70, образцы фиксировали между стеклами типа КВг. Сопоставление полученного ИК-спектра с ИК-спектрами пластика, приведёнными в книге Сильверстейна с соавторами (2011), позволило отнести вещество микропластика типа плёнки к группе полипропилена.

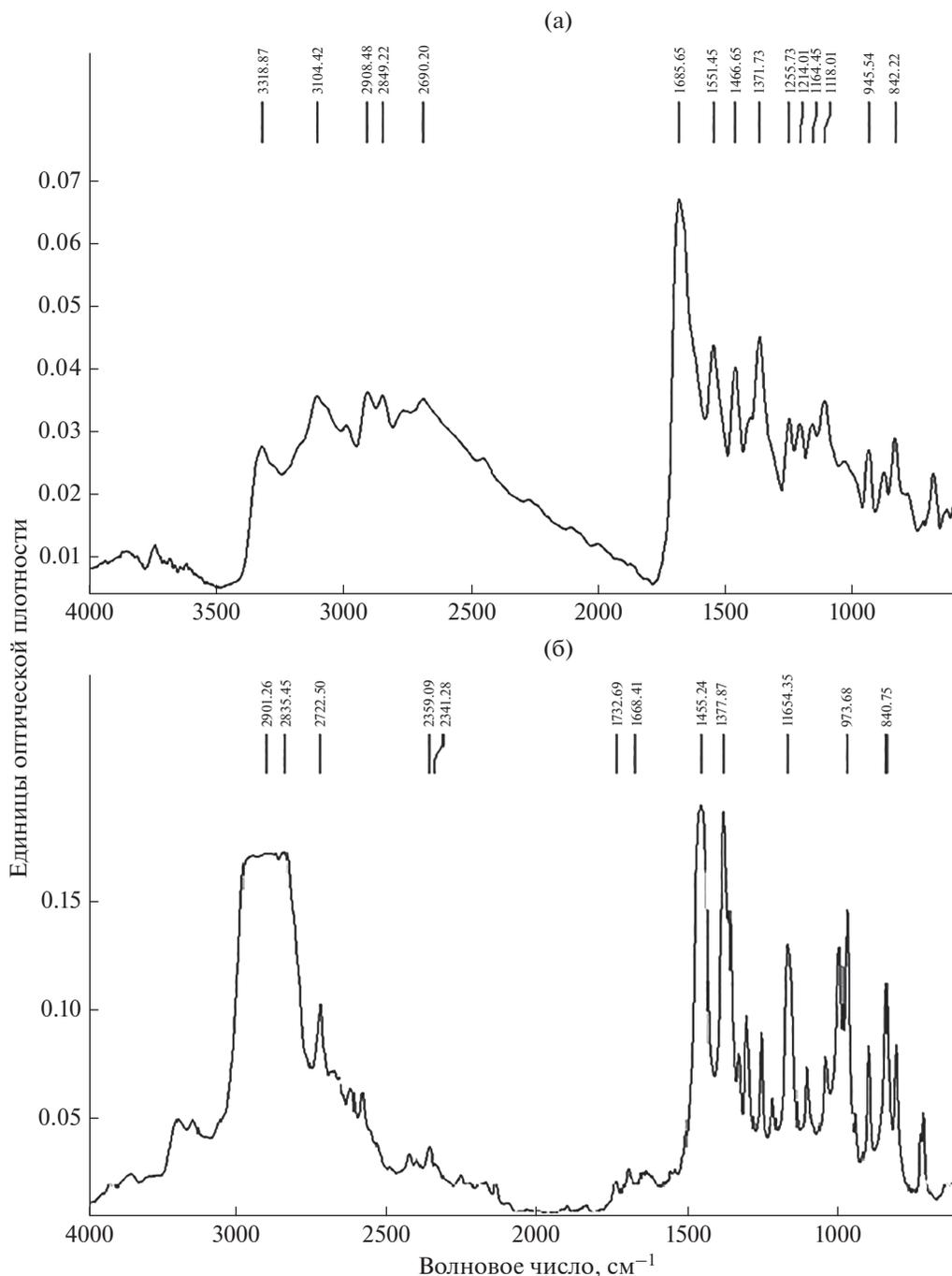
Для уточнения полученных данных по ИК-спектру микропластика типа плёнки провели контрольный анализ частиц каната из полипропиленовой 3-прядной троссовой свивки (ГОСТ 30055-93 и ТУ 8121-024-00461221-04, АО “Канат” г. Коломна). Этот тип канатов наиболее часто ис-

пользуется в морской практике и для изготовления орудий прибрежного лова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Балтийская, или европейская, песчанка обитает в восточных прибрежных водах Северной Атлантики от Мурманска до Испании, включая Балтийское море (Reay, 1986). Взрослые особи – планктофаги, они питаются зоопланктоном и крупными диатомовыми водорослями (Богоров и др., 1939; Vauchoy, 1987; O’Connell, Fives, 1995).

Балтийская песчанка литорали морской части Куршской косы в летний период 2015 г. питалась ракообразными, собственной молодью и гидроидами (табл. 1). В пищевом комке 20.9% исследованных особей песчанки были найдены два типа микропластика: частицы плёнки серебристого цвета с одной стороны и тёмного – с другой (66.7% случаев находок) и ворсинки-волокна зе-



Инфракрасные спектры исследованных образцов: а – микропластик типа плёнки из пищевого комка балтийской песчанки *Ammodytes tobianus* литорали Куршской косы; б – канат из полипропиленовой 3-прядной тросовой свивки (ГОСТ 30055-93 и ТУ 8121-024-00461221-04, АО “Канат” г. Коломна).

лёного и коричневого цвета (33.3%) (Гущин, 2017). Размеры найденных частиц составляли 0.4–12.0 мм (табл. 2). Несмотря на то что длина некоторых ворсинок-волокон превышала 5 мм, из-за малой массы все они были отнесены к микропластику.

В ИК-спектре образца типа плёнки выделены следующие характерные полосы спектра (рису-

нок, а): группа полос в области 2990–2850 см⁻¹ соответствует симметричным и асимметричным валентным колебаниям группы –СН₂; в области 2770–2690 см⁻¹ – симметричным и асимметричным валентным колебаниям метильной группы –СН₃; в области 1474–1374 см⁻¹ – деформационным колебаниям группы –СН₃. Интенсивные сигналы в области 1696–1670 см⁻¹ соответствуют

колебаниям группы $C=O$. Широкие полосы средней интенсивности в области 3318 и 3106 см^{-1} могут соответствовать колебаниям группы $-OH$. Появление в спектре полос, соответствующих валентным колебаниям $C=O$ и $-OH$, говорит об окислении и деструкции полипропиленовых молекул. Характер полос, соответствующих колебаниям $-OH$ (ширина и частота, на которой они зарегистрированы), говорит о наличии водородных связей между окисленными и деструктурированными фрагментами исходного полимера.

Таким образом, исследованное по ИК-спектрам вещество можно отнести к деструктивному пластику группы полипропилена. Контрольный анализ вещества частиц каната из полипропиленовой тросовой свивки показал сходство по ИК-спектру с микропластиком из желудочно-кишечного тракта (рисунок, б). Спектр контрольного вещества имеет те же характерные сигналы: группа полос в области $3000-2800\text{ см}^{-1}$ отвечает за симметричные и асимметричные валентным колебания группы $-CH_2$; в области 2722 см^{-1} — за симметричные и асимметричные валентные колебания метильной группы ($-CH_3$); в области $1455-1377\text{ см}^{-1}$ соответствуют деформационным колебаниям группы $-CH_3$.

В летний период балтийская песчанка обитает в зоне литорали у самого уреза воды, что объясняет наличие в её пище донных организмов и частиц микропластика, которые поднимаются волной со дна и заглатываются балтийской песчанкой. Основным объектом питания песчанки служат мелкие ракообразные, собственная молодь встречается единично; размеры жертв варьируют в пределах $0.3-41.0$ (в среднем 3.4) мм (табл. 2). Состав кормовых организмов и их размеры позволяют отнести балтийскую песчанку к планктофагам, использующим всю доступную по размерам пищу, в том числе и со дна. Размер частиц микропластика в пищевом комке песчанки составлял $0.4-12.0$ (3.4) мм. Микропластик типа плёнки был очень тонким, широким и мягким; типа ворсинки-волокна — длинный, тонкий и гибкий. Максимальные размеры частиц плёнки не превышали 1.5 мм, ворсинок-волокон — 12 мм. По-видимому, песчанка избегает заглатывания более крупных частиц микропластика, которые встречаются на литорали Куршской косы (Esiukova, 2017; Есюкова и др., 2017). Руммель с соавторами (Rummel et al., 2016) считают, что захват микропластика происходит случайно во время питания зоопланктоном. По мнению других исследователей (Lusher et al., 2017), микропластик может попадать в желудки рыб транзитом через пищу, находящуюся в желудках объектов питания. Ответить на этот вопрос с уверенностью пока невозможно.

Микропластик отмечен в желудках ряда основных промысловых рыб Балтийского моря, в том

числе у сельди *Clupea harengus membras* и шпрота *Sprattus sprattus*. У трески *Gadus morhua* микропластик в желудках встречается у $15.7-26.0\%$ особей, сельди — у $7.3-16.0\%$ особей (Lenz et al., 2015). По данным Руммеля с соавторами (Rummel et al., 2016), микропластик имелся в желудках 5.5% особей трески, сельди, речной камбалы *Platichthys flesus*, камбалы-лиманды *Limanda limanda* и скумбрии *Scomber scombrus*. Количество микропластика в пище рыб варьирует по районам и сезонам, но за последнее десятилетие уровень его встречаемости в пище рыб не изменился (Beer et al., 2017).

Таким образом, в пищевом комке балтийской песчанки обнаружен микропластик двух типов — плёнка и ворсинки-волокна, которые встречаются в желудочно-кишечных трактах 20.9% особей. Микропластик типа плёнки идентифицирован как полипропилен, находящийся в стадии деструкции. Полипропилен — один из основных продуктов производства пластмасс в Европе. Например, в Дании доля полипропилена составляет около 28% всего производства пластмасс (Lassen et al., 2015). Поскольку балтийская песчанка является обычным пищевым объектом хищных рыб Балтийского моря, через неё микропластик в виде транзитной пищи может попадать в пищевые цепи, конечным звеном которых является человек.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность волонтеру А.С. Шаврину за помощь при сборе материала, Е.Е. Ежовой и И.П. Чубаренко (ИО РАН) — за ценные замечания к рукописи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН № 0149-2019-0013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богоров В.Г., Мантейфель Б.П., Павлова А.Е. 1939. Питание песчанки (*Ammodytes tobianus*) в мурманских водах // Тр. ВНИРО. Т. 4. С. 33–67.
- Гущин А.В. 2017. Балтийская песчанка *Ammodytes tobianus* L. 1758 на литорали Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка “Куршская коса”. № 13. Калининград: Изд-во БФУ. С. 72–79.
- Есюкова Е.Е., Багаев А.В., Мизюк А.И., Чубаренко И.П. 2017. Плавающий мусор на пляжах юго-восточной Балтики: наблюдения и численное моделирование // Регион. экология. № 1 (47). С. 47–57.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. М.: Наука, 254 с.
- Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. 2011. Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: БИНОМ, 557 с.

- Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: достижение целей устойчивого развития. 2018. Рим: ФАО, 209 с.
- Bauchot M.L.* 1987. Poissons osseux // Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche (revision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. V. 2 / Eds. Fischer W. et al. Rome: FAO. P. 891–1421.
- Beer S., Garm A., Huwer B. et al.* 2017. No increase in marine microplastic concentration over the last three decades – a case study from the Baltic Sea // *Sci. Total Environ.* V. 621. P. 1272–1279.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.101>
- Esiukova E.* 2017. Plastic pollution on the Baltic beaches of the Kaliningrad region, Russia // *Mar. Pollut. Bull.* V. 114. P. 1072–1080.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.001>
- GESAMP. 2016. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment // Rept. Stud. GESAMP № 93 / Eds. Kershaw P.J., Rochman C.M. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint GESAMP. 220 p.
- Karlsson T.M., Vethaak A.D., Almroth B.C. et al.* 2017. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation // *Mar. Pollut. Bull.* V. 122. № 1–2. P. 403–408.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.081>
- Lassen C., Hansen S.F., Magnusson K. et al.* 2015. Microplastics: occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Copenhagen: Danish environ. protect. agency, 208 p. (http://orbit.dtu.dk/files/118180844/Lassen_et_al_2015.pdf)
- Lenz R., Enders K., Beer S. et al.* 2015. Analysis of microplastic in the stomachs of herring and cod from the North Sea and the Baltic Sea // *Tech. Rept. DTU Aqua Nat. Inst. Aquat. Resour. Denmark.* 29 p.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4246.6168>
- Lusher A.L., Welden N.A., Sobral P., Cole M.* 2017. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates // *Analyt. Methods.* V. 9. P. 1346–1360.
<https://doi.org/10.1039/c6ay02415g>
- O'Connell M., Fives J.M.* 1995. The biology of the lesser sand-eel *Ammodytes tobianus* L. in the Galway Bay Area // *Proc. Roy. Irish Acad.* V. 95B. № 2. P. 87–98. (https://www.jstor.org/stable/20504502?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Reay P.J.* 1986. Ammodytidae // *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean* V. 2 / Eds. Whitehead P.J.P. et al. Paris: UNESCO. P. 945–950.
- Rummel C.D., Löder M.G., Fricke N.F. et al.* 2016. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and the Baltic Sea // *Mar. Pollut. Bull.* V. 102. № 1. P. 134–141.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>