



Трансформация экосистем Ecosystem Transformation www.ecosysttrans.com

Первые данные по изучению влияния продуктов жизнедеятельности околородных птиц на планктонных ракообразных и рыб (лабораторные эксперименты)

Н.С. Шевченко*, И.В. Чалова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Россия, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109

*nataliaschewchenko@yandex.ru

Поступила в редакцию: 18.04.2019
Принята к печати: 08.05.2019
Опубликована онлайн: 16.08.2019

DOI: 10.23859/estr-190418c
УДК 595.3:591.149.2
URL: http://www.ecosysttrans.com/publikatsii/detail_page.php?ID=126

ISSN 2619-094X Print
ISSN 2619-0931 Online

В работе приводятся результаты изучения влияния продуктов жизнедеятельности околородных птиц на планктонных ракообразных и рыб в хронических лабораторных экспериментах. Результаты проведенных исследований показали, что продукты жизнедеятельности птиц в концентрации от 0.5 до 2.5 г/л стимулируют плодовитость ветвистоусых ракообразных, в тканях которых повышается количество липидов. Потребление таких Cladocera рыбами вызывает более интенсивный рост их массы, а также способствует повышению содержания в них липидов.

Ключевые слова: хронические лабораторные эксперименты, экскременты птиц, *Anas platyrhynchos domesticus*, ветвистоусые ракообразные, *Daphnia (Ctenodaphnia) magna*, *Ceriodaphnia dubia*, рыбы, *Danio rerio*, плодовитость, липиды.

Шевченко, Н.С., Чалова, И.В., 2019. Первые данные по изучению влияния продуктов жизнедеятельности околородных птиц на планктонных ракообразных и рыб (лабораторные эксперименты). *Трансформация экосистем* 2 (3), 109–114.

Введение

Результаты полевых исследований выявили изменение количественного и качественного состава планктонных гидробионтов, обитающих в условиях поступления продуктов жизнедеятельности колониальных поселений водных и околородных птиц (Krylov et al., 2011b; Sakharova and Korneva, 2015). Кроме того, было показано, что в зоне влияния колонии околородных птиц размерно-весовые характеристики молоди рыб превышали таковые на фоновом участке (Крылов и др., 2018; Stolbunov et al., 2017). Однако в некоторые периоды разница между размерными и весовыми характеристиками молоди рыб на двух участках побережья сокращалась, либо они вообще не имели различий. По всей видимости, это было связано с активным или пассивным перемещением мальков из одного биотопа в другой. Таким образом, воз-

никла необходимость проведения серии опытов, исключающих возможность миграции. Целью настоящей работы было экспериментальное изучение воздействия экскрементов околородных птиц на молодь рыб и их кормовые объекты.

Материал и методы

Опыт проведен с использованием культур ветвистоусых ракообразных – *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* (Straus, 1820) и рыб – *Danio rerio* (Hamilton, 1822), содержащихся в лаборатории физиологии и токсикологии водных животных Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. В качестве продуктов жизнедеятельности птиц (ПЖП) использованы экскременты кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos domesticus* Linnaeus, 1758). Птицы выращивались в домашних условиях на кормах, включающих рыбу. Периодически они пи-

тались в естественном водоеме рясками, водными беспозвоночными и земноводными.

Рыбу в возрасте от 9 до 12 месяцев рассаживали по 30 штук в ванны объемом 30 л. Эксперимент проводили в 2-х вариантах:

I (контроль) – рыба находилась в чистой отстоянной водопроводной воде, корм – ветвистоусые ракообразные, выращенные в контрольной воде, а также сухой корм для аквариумных рыб (*TetraMin*);

II (опыт) – рыба находилась в чистой отстоянной водопроводной воде, корм – ветвистоусые ракообразные, выращенные в воде с добавлением ПЖП, а также сухой корм для аквариумных рыб.

Оптимальную концентрацию ПЖП, обеспечивающую наибольшую плодовитость ветвистоусых ракообразных, определяли методом биотестирования на *Ceriodaphnia dubia* (Richard, 1894) (Методика определения токсичности воды ..., 2007).

Во время проведения эксперимента рыб кормили каждый день, чередуя живой (*Daphnia magna*) и сухой корм из расчета: масса корма 10%

от общей массы рыбы. Необходимое количество дафний вылавливали сачком из садков, в которых они содержались в контрольной воде и в условиях влияния ПЖП, и взвешивали перед добавлением в ванны с рыбой. Длительность эксперимента составила 21 сутки. К сожалению, взвешивание каждой особи на данном этапе исследований было невозможно, поэтому в начале и в конце эксперимента определяли общую массу рыб.

Для установления содержания липидов в рыбах и дафниях использовали стандартную методику в модификации лаборатории физиологии и токсикологии водных животных ИБВВ РАН (Методы определения жира...ГОСТ 15113.9-77, 2003).

Статистическую обработку данных после проверки нормальности распределения по критерию Колмогорова–Смирнова проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа ($p < 0.05$, ANOVA), множественные сравнения групповых средних – с помощью критерия наименьшей значимой разности (LSD-test).

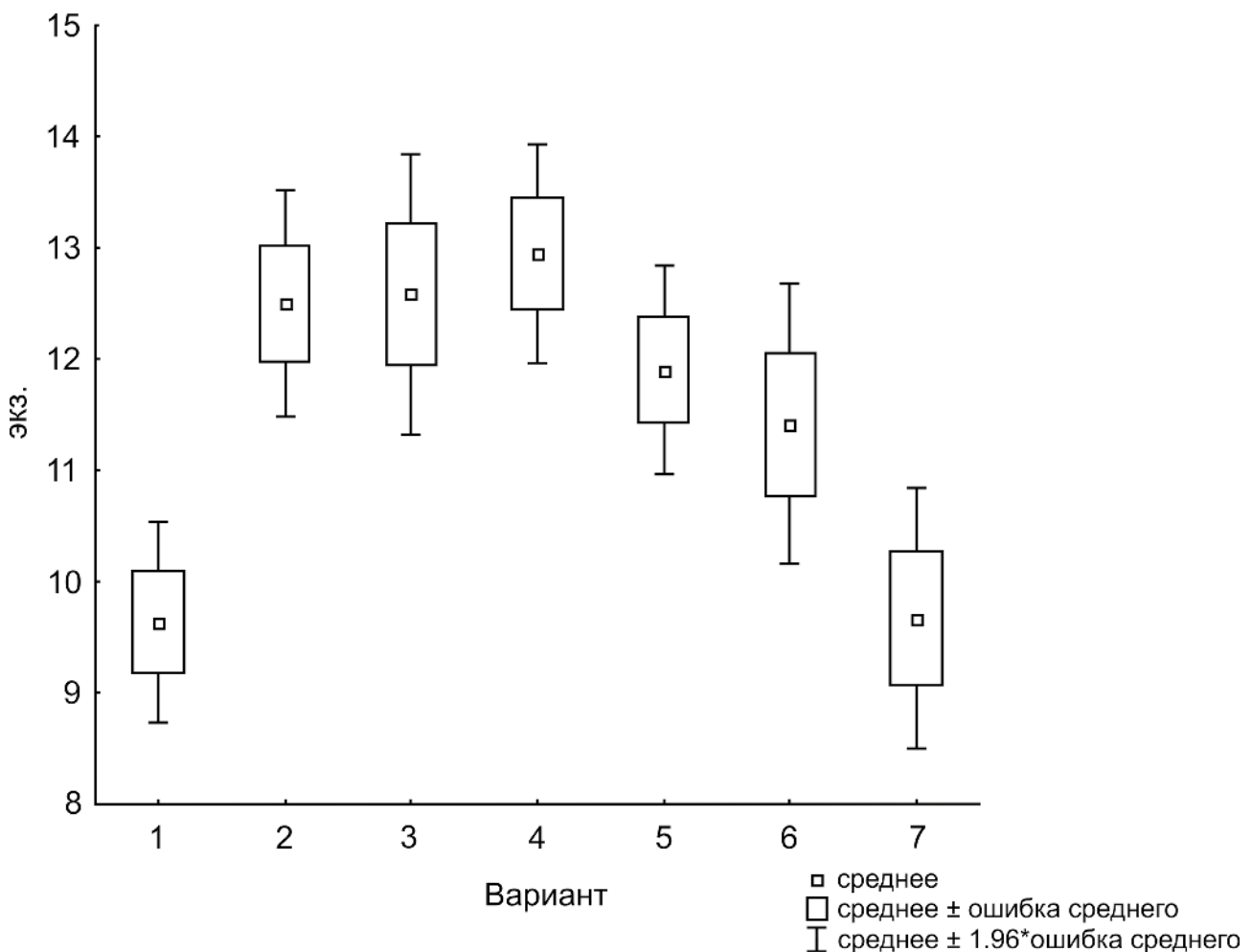


Рис. 1. Среднее количество молоди от одной самки *Ceriodaphnia dubia* за 7 суток в воде с различным содержанием продуктов жизнедеятельности птиц. Контроль – отстоянная водопроводная вода (1), тестируемые концентрации ПЖП – 0.5 (2), 1.0 (3), 1.5 (4), 2.0 (5), 2.5 (6) и 3.0 (7) г/л.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в ходе нескольких серий биотестирования на *Ceriodaphnia dubia*, показали, что ПЖП в концентрации 0.5–2.5 г/л оказывали стимулирующее действие на плодовитость ракообразных, вызывая достоверное увеличение среднего количества молоди от одной самки за 7 суток (Рис. 1, Табл. 1). По результатам биотестирования определена оптимальная для *Daphnia magna* концентрация ПЖП – 1.5 г/л, которую в дальнейшем использовали при выращивании кормовой партии рачков для опыта. Возможные причины увеличения плодовитости, равно как и количества планктонных ракообразных, обсуждены нами ранее (Крылов и др., 2012). Среди них в первую очередь необходимо назвать увеличение кормовой базы ракообразных благодаря повышению концентрации биогенов в воде, а также изменение качества кормовых объектов за счет сдвига стехиометрического соотношения в них азота и фосфора, в зависимости от чего преимущество получают веслоногие или ветвистоусые ракообразные. Необходимо отметить, что стимулирующий эффект от ПЖП не проявлялся при их концентрации больше 2.5 г/л. Изменение реакции планктонных организмов при увеличении плотности колоний водных птиц до 200–250 особей на 1 га, то есть при увеличении количества поступающих экскрементов, уже отмечалось ранее. Такие изменения наблюдались как при изучении зоопланктона в рыбоводных прудах, на которых применялся метод совместного выращивания гусей и карпов (Иванова и др., 2000), так и в природе (Крылов и др., 2012).

В контроле общая начальная масса рыб составила 4.95 г, в опыте – 4.79 г, в конце эксперимента – 6.72 и 7.01 г соответственно (Рис. 2). Таким

образом, в контрольном варианте прирост массы за время эксперимента составил 1.77 г (35.8%), в опытном варианте – 2.22 г (46.3%). Следовательно, питание рыб рачками, выращенными в условиях влияния ПЖП, способствовало более интенсивному приросту их биомассы.

Наблюдаемый эффект может быть связан с повышением качественных кормовых характеристик *Daphnia magna*. На это указывает тот факт, что при выращивании рачков в аквариумах с добавлением ПЖП в них обнаружено более высокое содержание липидов – 13.2 мг/г, по сравнению с 9.0 мг/г в контрольном варианте (Рис. 3).

Аналогичные различия обнаружены и в содержании липидов в рыбе, выращенной на контрольном корме и на корме, в качестве которого использованы ракообразные из аквариумов с ПЖП, – 132.0 мг/г и 144.4 мг/г соответственно (Рис. 4).

Таким образом, первые экспериментальные данные показали, что рыба, получающая в качестве корма планктонных ракообразных, выращенных в воде, содержащей продукты жизнедеятельности птиц, даже в течение краткосрочного опыта отличается более высоким приростом массы. Следовательно, ракообразные, обитающие в условиях влияния экскрементов птиц, являются более качественным кормом. В первую очередь это связано с повышением содержания в них липидов, которые дают примерно в 2 раза больше энергии, чем белки и углеводы. Известно, что особую роль в этом играют полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-3, в частности, докозагексаеновая кислота (22: 6n–3), высокое содержание которой в зоопланктонах характеризует их как корм, более качественный для рыб (Soreman et al., 2002). О высоком содержании

Табл. 1. Результаты LSD-теста среднего количества потомства от одной самки *Ceriodaphnia dubia* за 7 суток ($n = 60$). Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Концентрация ПЖП, г/л	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Контроль	0.000278	0.000185	0.000027	0.003946	0.023078	0.966018
0.5	–	0.915180	0.565274	0.443330	0.166667	0.000327
1.0	–	–	0.639376	0.382685	0.136460	0.000218
1.5	–	–	–	0.180072	0.050559	0.000033
2.0	–	–	–	–	0.536838	0.004505
2.5	–	–	–	–	–	0.025752

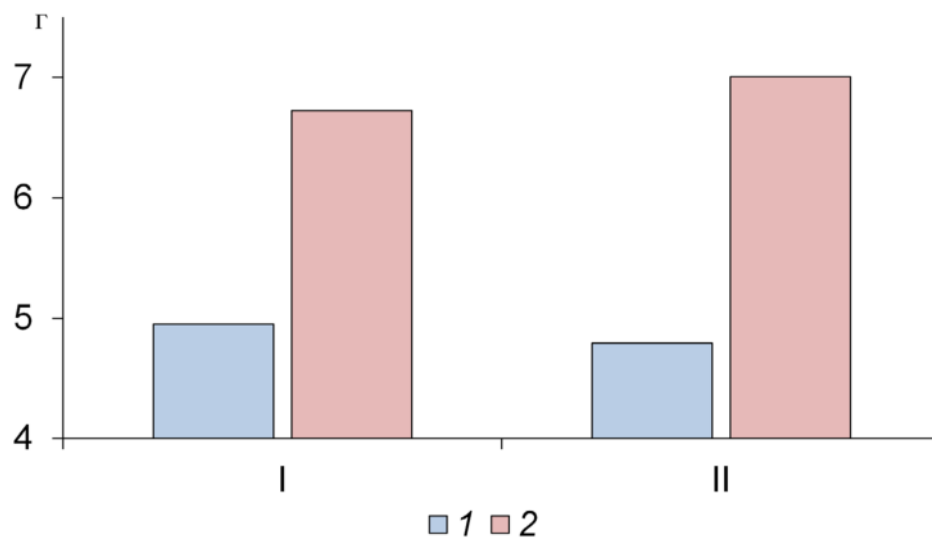


Рис. 2. Масса рыб в начале (1) и в конце (2) эксперимента. I – контроль, II – опыт.

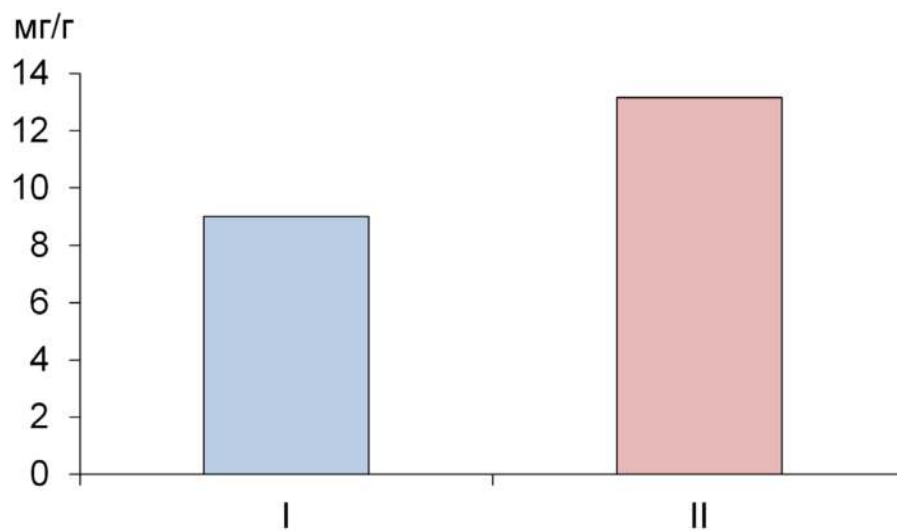


Рис. 3. Содержание липидов в тканях *Daphnia magna* в конце эксперимента. I – контроль, II – опыт.

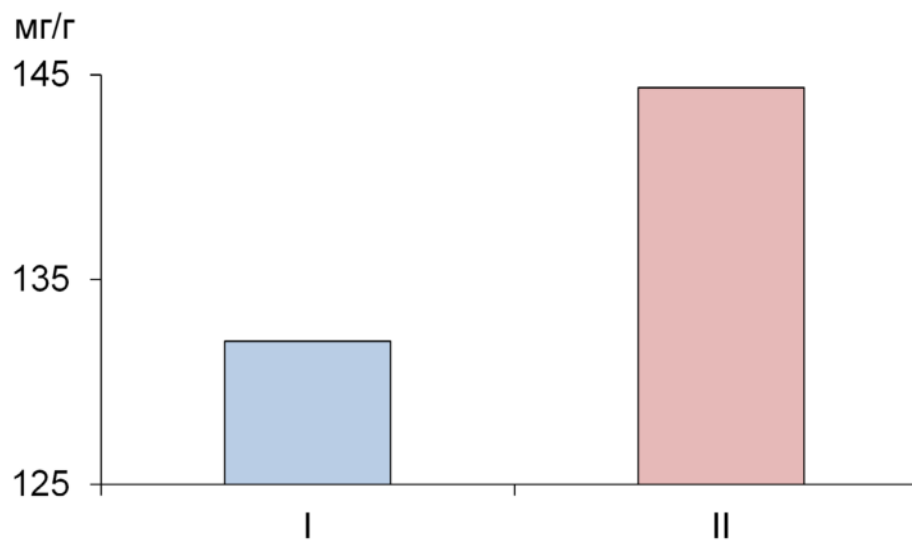


Рис. 4. Содержание липидов в тканях *Danio rerio* в конце эксперимента. I – контроль, II – опыт.

полиненасыщенных жирных кислот в гидробионтах, обитающих в зоне влияния жизнедеятельности колониальных поселений водных и околоводных птиц, свидетельствуют данные, полученные в литоральной зоне ряда водоемов (Krylov et al., 2011a; Крылов и др., 2018).

На основании проведенных исследований можно сделать предварительные выводы:

- продукты жизнедеятельности птиц в концентрации от 0.5 до 2.5 г/л стимулируют плодовитость ветвистоусых ракообразных;
- в условиях влияния ПЖП в них повышается количество липидов;
- потребление таких Cladocera рыбами вызывает более интенсивный рост их массы и способствует повышению содержания в них липидов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания (AAAA-A18-118012690123-4) и при поддержке Программы «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Список литературы

- Иванова, З.А., Переверзев, А.И., Пищенко, Е.В., 2000. Совместное выращивание рыбы и водоплавающей птицы в прудах Сибири. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки* 1–2, 94–98.
- Крылов, А.В., Махутова, О.Н., Сахарова, Е.Г., Сущик, Н.Н., Павлов, Д.Д., Колмакова, А.А., Столбун, И.А., Гладышев, М.И., 2018. Неоднозначное влияние поселений околоводных птиц на биохимический состав sestона, планктонных организмов и молоди рыб равнинного водохранилища. *Журнал общей биологии* 79 (6), 449–460. <https://doi.org/10.1134/S0044459618060052>.
- Крылов, А.В., Кулаков, Д.В., Чалова, И.В., Папченко, В.Г., 2012. Зоопланктон пресных водоемов в условиях влияния гидрофильных птиц. Издатель Пермьяков С.А., Ижевск, Россия, 204 с.

Концентраты пищевые. Методы определения жира. ГОСТ 15113.9-77, 2003. Межгосударственный стандарт. Сборник ГОСТов. ИПК Издательство стандартов, Москва, Россия, 129 с.

Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. ФР.1 39.2007.03221., 2007. АКВАРОС, Москва, Россия, 56 с.

Copeman, L.A., Parrish, C.C., Brown, J.A., Harel, M., 2002. Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. *Aquaculture* 210, 285–304. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00849-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00849-3).

Krylov, A.V., Gladyshev, M.I., Kosolapov, D.B., Sushchik, N.N., Korneva, L.G., Makhutova, O.N., Kulakov, D.V., Kalacheva, G.S., Dubovskaya, O.P., 2011a. Small lake plankton and its essential polyunsaturated fatty acids content as affected by a colony of the common heron (*Ardea cinerea* L.). *Contemporary Problems of Ecology* 4, 42–49. <https://doi.org/10.1134/S1995425511010073>.

Krylov, A.V., Kulakov, D.V., Papchenkov, V.G., 2011b. Effect of water-loving bird colonies on zooplankton in littoral zones of water bodies of different types. *Russian Journal of Ecology* 42 (6), 518–524. <https://doi.org/10.1134/S1067413611060087>.

Sakharova, E.G., Korneva, L.G., 2015. Phytoplankton of protected shallows in the Rybinsk reservoir in the zone affected by the black-headed gull (*Larus ridibundus* L.) colony. *Russian Journal of Ecology* 46 (6), 573–578. <https://doi.org/10.1134/S199542551702010X>.

Stolbunov, I.A., Kutuzova, O.R., Krylov, A.V., 2017. Impact of Heron (*Ardea cinerea* L. and *A. alba* L.) on Coastal Juvenile Fish Assemblages in Rybinsk Reservoir. *Inland Water Biology* 10 (4), 427–435. <https://doi.org/10.7868/S032096521704009X>.

The first data on the study of the influence of waste products of semiaquatic birds on planktonic crustaceans and fish (laboratory experiments)

Natalia S. Shevchenko *, Irina V. Chalova

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok 109, Nekouz District, Yaroslavl region, 152742 Russia

**nataliashevchenko@yandex.ru*

This paper presents the results of a study of the effect of metabolic products of semiaquatic birds on planktonic crustaceans and fish in chronic laboratory experiments. The results of the studies showed that the waste products of birds in a concentration of from 0.5 to 2.5 g/l stimulate the fecundity of cladocerans, in the tissues of which the amount of lipids increases. The consumption of such cladocerans by fish causes a greater increase in their mass, and also contributes to an increase in their lipid content.

Keywords: chronic laboratory experiments, bird excrement, *Anas platyrhynchos domesticus*, cladocerans, *Daphnia (Ctenodaphnia) magna*, *Ceriodaphnia dubia*, fish, *Danio rerio*, fecundity, lipids.