

УДК 598.2:576.895.1+591.111.1

ГЕЛЬМИНТЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ГАГИ (*Somateria mollissima*) ВОСТОЧНОГО МУРМАНА, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ХОЗЯИНА

М. М. Куклина*, В. В. Куклин

Представлено академиком РАН Г.Г. Матишовым 01.02.2019 г.

Поступило 12.03.2019 г.

Проведено эколого-физиологическое исследование обыкновенной гаги (*Somateria mollissima*), гнездящейся на побережье Восточного Мурмана. Установлено, что в тонком кишечнике обыкновенной гаги паразитируют трематоды рода *Microphallus*, три вида цестод — *Lateriporus teres* (Cestoda: Dilepididae), *Fimbriarioides intermedia* (Cestoda: Hymenolepididae), *Microsomacanthus diorchis* (Cestoda: Hymenolepididae), а также один вид скребней — *Polymorphus phippsi* (Palaeacanthocephala: Polymorphidae). Показано, что активность протеаз снижалась в местах локализации *F. intermedia* и *M. diorchis* в кишечнике птиц, при инвазии скребнями *P. phippsi*, напротив, повышалась. Активность гликозидаз в слизистой кишечника при заражении цестодами *M. diorchis* снижалась по сравнению с контрольными значениями. Отмечено увеличение значений гематологических индексов у заражённых особей относительно контрольных параметров.

Ключевые слова: обыкновенная гага, *Somateria mollissima*, гельминтофауна, активность гликозидаз, активность протеаз, гематологические индексы.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524871107-110>

Согласно современным сводкам, в гельминтофауне обыкновенной гаги (*Somateria mollissima*) на побережье Восточного Мурмана доминируют *Microphallus pygmaeus* (Trematoda: Microphallidae), *Microsomacanthus diorchis* (Cestoda: Hymenolepididae) и *Polymorphus phippsi* (Palaeacanthocephala: Polymorphidae) [1]. Количественные показатели инвазии уток указанными гельминтами часто имеют очень высокие значения. В литературе неоднократно появлялись сообщения о массовых находках погибших особей обыкновенной гаги — как птенцов, так и взрослых птиц [2–5]. В качестве возможной причины гибели птиц авторы рассматривали именно высокую интенсивность инвазии разными паразитами. По результатам проведённых исследований можно выделить группу видов червей, потенциально опасных для жизни и здоровья гаг [2–5]. К ним следует отнести *Paramonostomum alveatum* (Trematoda: Notocotylidae), *M. pygmaeus*, *Microsomacanthus microsoma* (Cestoda: Hymenolepididae), а также *P. phippsi* и *Polymorphus minutus* (Palaeacanthocephala: Polymorphidae). В кишечниках погибших птиц в местах локализации гельминтов авторы отмечают значительные разрушения эпителиального слоя, очаги воспалительных процессов и кровоподтёки [2, 3]. При

экспериментальном заражении трематодами *P. alveatum* и *M. pygmaeus* у птенцов обыкновенной гаги зарегистрированы отставания в росте и снижение аппетита [2, 3]. Авторы неоднократно подчёркивали, что все погибшие птицы были истощены, имели низкую массу, а на их теле отсутствовали подкожные жировые отложения.

Гнездовой период птиц, в том числе и обыкновенной гаги *S. mollissima*, сопряжён с большими энергетическими затратами при высиживании яиц. По наблюдениям многих исследователей, самки обыкновенной гаги в период инкубации яиц не питались [2, 6, 7]. У наседок масса тела снижалась на 30%, а в организме птиц происходили значительные изменения в обмене веществ [7]. Существует мнение, что питание и болезни (паразитарные инвазии и бактериальные инфекции) играют важную роль в динамике популяций обыкновенной гаги, что особенно актуально для выживания птиц в период размножения [7].

Изучение видового состава гельминтофауны обыкновенной гаги *S. mollissima* в гнездовой период и определение количественных показателей инвазии стало целью настоящего исследования. Наряду с этим проведён анализ влияния инвазии гельминтами на пищеварительную активность хозяина и на его физиологическое состояние.

Мурманский морской биологический институт
Кольского научного центра Российской Академии наук

*E-mail: MM_Kuklina@mail.ru

Материал собран в ходе береговых экспедиций в районе пос. Дальние Зеленцы в июле 2010 и июне 2015 гг. Объектом исследования послужила обыкновенная гага ($n = 10$). Гаг взвешивали (с точностью до 1,0 г), оценивали уровень жирности (подкожные жировые резервы птиц) по четырёхбалльной шкале [8]. У птиц вырезали желудочно-кишечный тракт, отделяли желудок и тонкий кишечник. По составу содержимого желудков определяли спектр питания птиц. В тонком кишечнике производили поиск и подсчёт паразитов, а также устанавливали их систематическую принадлежность. Рассчитывали показатели заражённости: экстенсивность инвазии (ЭИ) и интенсивность инвазии (ИИ). Для биохимического анализа использовали слизистую оболочку кишечника, в которой определяли активность гликозидаз (АГ) и протеаз (АП). Активность гликозидаз измеряли с использованием модифицированного метода Нельсона [9], а активность протеаз — методом Ансона [10]. Кроме того, у птиц отбирали пробы крови, изготавливали мазки и окрашивали их по методу Паппенгейма. Подсчитывали количество лейкоцитов и рассчитывали соотношение гетерофилов к лимфоцитам (Г/Л) и эозинофилов к лимфоцитам (Э/Л). Полученные данные по результатам паразитологических вскрытий и биохимического анализа представлены в таблицах в виде средних значений и стандартных ошибок, для ИИ указаны минимальные и максимальные величины. Обработка данных выполнена с помощью статистического пакета Microsoft Excel и Statistica 10. Достоверность различий оценивали по непараметрическому критерию Уилкоксона и с использованием однофакторного дисперсионного анализа.

Масса тела исследованных особей обыкновенных гаг колебалась в пределах от 1465,0 до 2240,0 г и в среднем составила $1897,14 \pm 83,3$ г. Жирность соответствовала II уровню (жировые отложения отсутствовали на груди, спине и ногах птиц) [8]. Из числа исследованных уток у одной гаги желудок был пуст, а у остальных основным компонентом пищевого рациона служили мидии (*Mytilus edulis*).

По результатам паразитологических вскрытий установлено, что одна из обследованных птиц свободна от инвазии гельминтами. В гельминтофауне остальных уток присутствовали трематоды, цестоды и скребни (табл. 1). Зарегистрированы трематоды рода *Microphallus*, три вида цестод — *Lateriporus teres* (Cestoda: Dilepididae), *Fimbriarioides intermedia* (Cestoda: Hymenolepididae), *Microsomacanthus diorchis* (Cestoda: Hymenolepididae), а также один вид скребней — *Polymorphus phippisi* (Palaeacanthocephala: Poly-

morphidae). Сравнительный анализ значений активностей пищеварительных ферментов в слизистой кишечника показал, что активность протеаз снижалась при инвазии ленточными червями *F. intermedia* ($F_{4,1} = 6,8; p < 0,013$) и *M. diorchis* ($F_{3,9} = 4,4; p < 0,038$) в 1,8 и 1,7 раза соответственно по сравнению с показателями участков кишечника, в которых гельминты отсутствовали (табл. 2). При инвазии скребнями *P. phippisi* активность протеаз в слизистой кишечника, напротив, повышалась в 1,7 раза ($F_{3,9} = 12,6; p < 0,001$). Активность гликозидаз в слизистой кишечника при заражении цестодами *M. diorchis* снижалась в 1,7 раза по сравнению с контрольными значениями ($F_{3,9} = 9,9; p < 0,002$). Следует отметить, что значения показателей активности ферментов в кишечнике гаги, свободной от инвазии, не учитывались, так как птица не питалась. Тем не менее проведён сравнительный анализ таких параметров, как лейкоцитарный состав крови и значения гематологических индексов у заражённых гаг и незараженной особи (табл. 3). Отмечено повышение содержания гранулоцитов (эозинофилов и гетерофилов) и снижение уровня лимфоцитов в крови у инвазированных птиц по сравнению с аналогичными показателями контроля ($p < 0,05$). Кроме того, у заражённых особей зарегистрировано увеличение значений Г/Л и Э/Л в 3,4 и 2,8 раза соответственно относительно контрольных параметров ($p < 0,05$).

В ходе настоящего исследования установлено, что масса тела обыкновенных гаг не имела существенных различий по сравнению со среднестатистическими показателями для птиц этого вида из Баренцево-мурского региона в указанный период их жизненного цикла, выявленными по итогам ранее проведённых исследований. По данным Л. О. Бело-

Таблица 1. Состав гельминтофауны и показатели заражённости обыкновенной гаги Восточного Мурмана

Вид паразита	ЭИ, %	Средняя ИИ, экз.
Trematoda		
<i>Microphallus sp.</i>	30,0	$11192,7 \pm 2030,9$ (437–31450)
Cestoda		
<i>Fimbriarioides intermedia</i>	60,0	$70,8 \pm 13,2$ (22–108)
<i>Lateriporus teres</i>	60,0	$29,8 \pm 4,9$ (11–45)
<i>Microsomacanthus diorchis</i>	90,0	$9435,4 \pm 1718,1$ (4–43075)
Palaeacanthocephala		
<i>Polymorphus phippisi</i>	90,0	$82 \pm 35,2$ (5–282)

Примечание. В скобках приведены минимальные и максимальные значения ИИ.

Таблица 2. Активность протеаз и гликозидаз в слизистой кишечника обыкновенной гаги при инвазии гельминтами

Вид паразита	Обыкновенная гага	
	АП	АГ
Trematoda		
<i>Microphallus sp.</i>	$0,27 \pm 0,017$ $0,26 \pm 0,015$	$1,0 \pm 0,08$ $0,71 \pm 0,036$
Cestoda		
<i>Fimbriarioides intermedia</i>	$1,1 \pm 0,07$ $0,61 \pm 0,07^*$	$3,3 \pm 0,22$ $3,4 \pm 0,26$
<i>Lateriporus teres</i>	$1,1 \pm 0,07$ $1,42 \pm 0,13$	$3,3 \pm 0,22$ $3,0 \pm 0,29$
<i>Microsomacanthus diorchis</i>	$1,1 \pm 0,07$ $0,66 \pm 0,09^*$	$3,3 \pm 0,22$ $1,9 \pm 0,17^*$
Palaeacanthocephala		
<i>Polymorphus phippsi</i>	$0,37 \pm 0,03$ $0,62 \pm 0,04^*$	$0,72 \pm 0,04$ $0,92 \pm 0,05$

Примечание. Над чертой значения активностей ферментов в участках слизистой кишечника, где паразиты отсутствуют, под чертой — в участках, где локализуются паразиты. * — различия достоверны относительно значений активностей ферментов в участках слизистой кишечника, где паразиты отсутствуют.

Таблица 3. Лейкоцитарная формула крови и значения гематологических индексов у незаражённых и заражённых обыкновенных гаг

Параметры	Незаражённые	Заражённые
Лейкоцитарная формула		
Лимфоциты, %	$62,0 \pm 0,46$	$35,0 \pm 2,8^*$
Моноциты, %	—	$0,3 \pm 0,1$
Базофилы, %	—	$2,0 \pm 0,2$
Эозинофилы, %	$20,0 \pm 0,8$	$36,2 \pm 2,7^*$
Гетерофилы, %	$18,0 \pm 1,2$	$27,8 \pm 1,5^*$
Гематологические индексы		
Г/Л	$0,32 \pm 0,012$	$1,1 \pm 0,15^*$
Э/Л	$0,29 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,02$

* — различия достоверны относительно значений незаражённых обыкновенных гаг.

польского, в июне—июле масса тела обыкновенной гаги изменялась от 1629 г до 2112 г, что соответствует полученным нами значениям [6].

У исследованных гаг в гнездовой период зарегистрированы высокие показатели интенсивности инвазии трематодами рода *Microphallus*, цестодами Сем. Hymenolepididae и скребнями *P. phippsi* (табл. 1). Ранее показано, что птенцы обыкновенной гаги, экспериментально заражённые скребнями *P. botulus*, росли медленно, а концентрации общего белка и белковых фракций в сыворотке крови гагачат снижались [7]. Кроме того, автором обнаружено, что в местах прикрепления скребней протекали воспалительные реакции с участием гетерофилов и лим-

фоцитов. В ходе настоящего исследования установлено, что в местах локализации скребней *P. phippsi* в тонком кишечнике обыкновенных гаг значительно повышается активность протеаз. Вероятно, увеличение активности ферментов гидролиза белков может быть вызвано повреждением слизистой кишечника мощным прикрепительным аппаратом скребней и появлением внутриклеточных протеаз в просвете кишечника. Аналогичные изменения отмечены при изучении последствий паразитирования ленточных червей, имеющих прикрепительный аппарат заякоривающегося типа, в тонком кишечнике рыб и морских птиц [11].

Вместе с тем сравнительный анализ показал, что при инвазии обыкновенных гаг ленточными червями *M. diorchis* и *F. intermedia* активность протеаз в месте их локализации снижалась, а при инвазии *M. diorchis* уменьшалась и активность гликозидаз. Известно, что гельминты, паразитирующие в желудочно-кишечном тракте позвоночных животных, выступают активными конкурентами за пищевые ресурсы хозяина и способны адсорбировать его пищеварительные ферменты на поверхности тегумента [12]. Следует отметить, что, несмотря на высокие показатели заражения трематодами рода *Microphallus* (более 30 тыс. экз.) и крупные размеры *L. teres* (длина стробил червей достигает 100 см), пищеварительная активность в участках их локализации в тонком кишечнике птиц не изменялась.

По мнению ряда исследователей, гибель птиц вследствие воздействия паразитов следует считать опосредованным эффектом [7, 13]. Указанные авторы рассматривают гельминтную инвазию в качестве дополнительного стресса для птиц в контексте конкуренции за пищевые ресурсы и энергию, а также предполагают, что с увеличением ИИ гельминтами эффективность пищеварения птиц снижается, что потенциально может приводить к голоданию и гибели.

Для изучения стрессового состояния птиц — оценки пищевого статуса, активности иммунной системы, наличия вирусной и бактериальной инфекции, а также паразитарной инвазии — часто используют гематологические индексы [14]. В ходе настоящего исследования установлены высокие значения таких индексов (в частности, Г/Л и Э/Л) у заражённых гаг по сравнению с контрольными параметрами. Повышение гематологических индексов вызвано увеличением уровня гранулоцитов (гетерофилов и эозинофилов) и снижением уровня лимфоцитов. Увеличение количества гетерофилов указывает на наличие воспалительных процессов

и интоксикацию организма, а эозинофилов — на аллергические реакции, вызываемые червями и их метаболитами [14, 15]. Снижение количества лимфоцитов следует рассматривать как характерный признак подавления иммунных реакций в организме хозяина при гельминтной инвазии.

Таким образом, в результате проведения эколого-физиологического исследования установлено, что обыкновенные гаги, гнездящиеся на побережье Баренцева моря, в период размножения находятся в состоянии стресса. В качестве одной из важнейших причин этого стресса следует рассматривать негативное воздействие на физиологическое состояние птиц гельминтов, паразитирующих в кишечнике — прежде всего цестод *M. diorchis* и *F. intermedia*, также скребней *P. phippsi*.

Благодарности. Авторы выражают благодарность администрации и сотрудникам Кандалакшского государственного природного заповедника за помощь в проведении полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куклин В.В. // ДАН. 2015. Т. 461. № 5. С. 612–615.
2. Белопольская М.М. // Уч. зап. ЛГУ. 1952. № 141. Сер. биол. В. 28. С. 127–180.
3. Кулачкова В.Г. В кн.: Экология и морфология гаг в СССР. М., 1979. С. 119–125.
4. Itämies J., Valconen E. T., Fagerholm H.-P. // Ann. Zool. Fenn. 1980. V. 17. P. 285–289.
5. Borgsteede F.H.M., Dkulewicz A., Zoun P.E.F., Okulewicz J. // Helminthologia. 2005. V. 42. № 2. P. 83–87.
6. Белопольский Л.О. Экология морских колониальных птиц Баренцева моря. М.; Л., 1957. 460 с.
7. Hollmen T. Biomarkers of Health and Disease in Common Eiders (*Somateria mollissima*) in Finland. Helsinki, 2002. 59 p.
8. Ashford R.W. // IBIS. 1971. V. 113. № 1. P. 100–101.
9. Уголев А.М., Иезутова Н.Н. В кн.: Исследование пищеварительного аппарата у человека (обзор совр. методов). Л., 1969. С. 187–192.
10. Anson M. // J. Gener. Phys. 1938. V. 22. № 1. P. 79–83.
11. Извекова Г.И., Куклина М.М. // Успехи соврем. биологии. 2014. Т. 134. № 3. С. 304–315.
12. Кузьмина В.В., Извекова Г.И., Куперман Б.И. // Успехи соврем. биологии. 2000. Т. 120. № 4. С. 384–394.
13. Thielges D.W., Hussel B., Baekgaard H. // J. Sea Res. 2006. V. 55. P. 301–308.
14. Artacho P., Soto-Gamboa M., Verdugo C., Nespolo R.F. // Compar. Biochem. and Physiol. 2007. V. 147. P. 1060–1066.
15. Энциклопедия клинических лабораторных тестов / Под ред. Н. Тица. М.: Лабинформ, 1997. 960 с.

HELMINTHES OF THE COMMON EIDER (*Somateria mollissima*) ON THE EASTERN MURMAN, ITS IMPACT ON THE DIGESTIVE ACTIVITY AND PHYSIOLOGICAL STATE

M. M. Kuklina, V. V. Kuklin

Murmansk Marine Biological Institute Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
Murmansk, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS G.G. Matishov February 1, 2019

Received March 12, 2019

An ecological and physiological study of Common Eider (*Somateria mollissima*) nesting on the coast of Eastern Murman was carried out. The species composition of helminthofauna of birds and the quantitative parameters of the infection were studied. It is established that trematodes of the genus *Microphallus*, three species of cestodes — *Lateriporus teres* (Cestoda: Dilepididae), *Fimbriarioides intermedia* (Cestoda: Hymenolepididae), *Microsomacanthus diorchis* (Cestoda: Hymenolepididae) and one species of acanthocephalan — *Polymorphus phippsi* (Palaeacanthocephala: Polymorphidae) parasitized in the small intestine of Common Eider. It is shown that the activity of proteases decreased at the locations of *F. intermedia* and *M. diorchis* in the intestines of birds, with infestation with the acanthocephalan *P. phippsi*, on the contrary, increased. The activity of glycosides in the intestinal mucosa was reduced in comparison with the control values by infection cestodes *M. diorchis*. There was an increase in the values of hematological indices in infected individuals relative to the control parameters.

Keywords: common eider, *Somateria mollissima*, helminthofauna, activity of glycosidase, activity of protease, hematological indices.