

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК  
Камчатского  
государственного  
технического  
университета**



Научный  
журнал

---

Основан в 2002 г.

---

16+

**ВЫПУСК**

**70**

**2024**

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК  
Камчатского  
государственного  
технического  
университета**



**Научный  
журнал**

---

Основан в 2002 г.

---

**Bulletin of Kamchatka State Technical University**

**Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ).  
Информация о включении журнала представлена на официальном сайте ВАК  
(<https://vak.minobrnauki.gov.ru>)**

**Journal is included in List of peer-reviewed publications (State Commission  
for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation).  
Information is available on the official website of State Commission  
for Academic Degrees and Titles (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>)**

**Журнал размещается  
в Научной электронной библиотеке (договор № 22-02/2011 R от 01.02.2011),  
в международной информационной системе по водным наукам и рыболовству ASFIS  
(Aquatic Sciences and Fisheries Information System) (соглашение от 17.05.2011)**

**Journal is indexed in Scientific electronic library (contract № 22-02/2011 R of 01.02.2011),  
in Aquatic Sciences and Fisheries International Information System ASFIS  
(agreement on 17.05.2011)**

**ВЫПУСК**

**70**

**2024**

**Петропавловск-Камчатский**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Клочкова Т.А.** (главный редактор) доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), профессор кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
- Царенко С.Н.** (научный редактор, технический раздел) доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
- Ольхина О.В.** (ответственный секретарь) заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
- Белавина О.А.** (технический секретарь) кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
- Артемова Е.Н.** доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
- Васильев М.В.** кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
- Водинчар Г.М.** кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Голохваст К.С.** доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук
- Йотсукура Н.** доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
- Кадникова И.А.** доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
- Ким Г.Х.** доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, заведующий лабораторией альгологии Национального университета Конджу (Республика Корея)

- Климова А.В.** кандидат биологических наук, заведующий сектором коллективного использования научного оборудования научно-образовательного центра «Экология и природопользование» Камчатского государственного технического университета
- Клочкова Н.Г.** доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Лобков Е.Г.** доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
- Максимова С. Н.** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
- Манаков Ю.А.** доктор биологических наук, заместитель директора по научной деятельности Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук
- Потапов В.В.** доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Приходько Ю.В.** доктор технических наук, профессор, профессор Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета
- Седова Н.А.** доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
- Сенкевич Ю.И.** доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Токранов А.М.** доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Усов А.И.** доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
- Швецов В.А.** доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

## EDITORIAL BOARD

- Klochkova T.A.** (Editor-in-Chief) Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor of Ecology and Nature Management Chair, Kamchatka State Technical University
- Tzarenko S.N.** (Scientific Editor, technical sciences) Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
- Olkhina O.V.** (Executive Secretary) Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
- Belavina O.A.** (Technical Secretary) Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
- Artemova E.N.** Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Food Technology and Organization of Restaurant Business Chair, Orel State University named after I.S. Turgenev
- Vasilev M.V.** Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military Training Center of Kamchatka State Technical University
- Vodinchar G.M.** Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Golokhvast K.S.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Director of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
- Yotsukura N.** Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
- Kadnikova I.A.** Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, Laboratory of Safety and Quality of Marine Plant Materials, Pacific Research Fisheries Center
- Kim G.H.** Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)

- Klimova A.V.** Candidate of Biological Sciences, Head of Sector of Collective Use of Scientific Equipment of the Scientific and Educational Center “Ecology and Nature Management”, Kamchatka State Technical University
- Klochkova N.G.** Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Lobkov E.G.** Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
- Maksimova S.N.** Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Technology Chair of Far Eastern State Technical Fisheries University
- Manakov Yu.A.** Doctor of Biological Sciences, Director Deputy for Scientific work of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
- Potapov V.V.** Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher of Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Prikhodko Yu.V.** Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University
- Sedova N.A.** Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
- Senkevich Y.I.** Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Tokranov A.M.** Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
- Usov A.I.** Doctor of Chemical Sciences, Chief Scientific Researcher of N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
- Shvetsov V.A.** Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

## Содержание

### РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А., Ястребов Д.П.**

Измерение уровня воды в наблюдательных скважинах:  
организация внутреннего контроля систематической погрешности результатов .....8

**Тюрин А.Н, Ерашова Ю.Н.**

Внедрение способа проверки аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя  
и искровых промежутков на срабатывание .....18

### РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Степанов В.Г., Панина Е.Г.**

Сходство фаун морских ежей (Echinodermata: Echinoidea) морей России .....28

**Клочкова Н.Г., Перервенко О.В.**

Водные экстракты камчатских бурых водорослей  
как стимуляторы фагоцитарной функции нейтрофилов *in vitro*.....38

**Ширяева Н.С., Судник С.А.**

Особенности биологии *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975  
(Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) в среднем течении реки Преголи  
в июле – сентябре 2021 года.....54

**Казаков Н.В., Дульченко Е.В.**

Грядово-бугристый рельеф на плато Уксичан Срединного хребта Камчатки:  
роль мерзлоты и растительности .....73

**Транбенкова Н.А.**

Рост зараженности соболя и горностая нематодой желудка *Soboliphyme baturini* –  
один из результатов акклиматизации американской норки на полуострове Камчатка .....87

**Гончаров Б.И., Снегур П.П.**

Пыльцевой анализ камчатских медов из Авачинской низменности.....108

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....122  
Авторский указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ»  
в 2024 году (№ 67-70).....126

## Contents

### SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

<b>Opryshko B.A., Shvetsov V.A., Belavina O.A., Yastrebov D.P.</b> Water level measurement in the observation wells: internal control organization of systematic errors .....	8
<b>Tyurin A.N., Erashova Yu.N.</b> Implementation of a method for checking protection devices against parallel arc breakdown and spark gaps for operation .....	18

### SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

<b>Stepanov V.G., Panina E.G.</b> Similarity of sea urchin (Echinodermata: Echinoidea) fauna of Russian seas .....	28
<b>Klochkova N.G., Perervenko O.V.</b> Aqueous extracts from Kamchatka brown seaweeds as stimulators of phagocytic function of neutrophils <i>in vitro</i> .....	38
<b>Shiryaeva N.S., Sudnik S.A.</b> Features of the biology of <i>Gammarus varsoviensis</i> Jazdzewski, 1975 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) in the middle current of the Pregolya river in July – September 2021 .....	54
<b>Kazakov N.V., Dulchenko E.V.</b> Ridge-hummock relief on the Uksichan plateau of the Sredinny Range of Kamchatka: the role of permafrost and vegetation .....	73
<b>Tranbenkova N.A.</b> Increase of stomach nematode, <i>Soboliphyme baturini</i> , infection in sable and ermine as one of the results of American mink acclimatization in Kamchatka .....	87
<b>Goncharov B.I., Snegur P.P.</b> Polen analysis of honeis from Avacha lowland in Kamchatka .....	108
Regulations for manuscript preparation, review and publication .....	122
Author index of articles published in the journal “Bulletin of Kamchatka State Technical University” in 2024 (№ 67–70) .....	126

Научная статья

УДК 556.332.52

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-8-17

## ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ В НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ: ОРГАНИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Опрышко Б.А.<sup>1</sup>, Швецов В.А.<sup>2</sup>, Белавина О.А.<sup>2</sup>, Ястребов Д.П.<sup>2</sup><sup>1</sup> КГУП «Камчатский водоканал», г. Петропавловск-Камчатский, пр. Циолковского, 3/1.<sup>2</sup> Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

Авторами предложена методика контроля систематических погрешностей результатов измерений уровня воды в полевых условиях, полученных с помощью современных измерительных систем «Levellogger Edge M10». Исследования выполнены в 2023 г. на водозаборной скважине № 24 Авачинского водозабора. Наши анализы показали, что результаты измерений, полученные с помощью прибора M10, бывшего в эксплуатации в течение 5 лет, содержат значимую систематическую погрешность, обусловленную дрейфом датчика гидростатического давления. Результаты измерений, полученные с помощью новых приборов M10, содержат допустимую систематическую погрешность.

**Ключевые слова:** водозаборные наблюдательные скважины, уровень воды, измерительные системы «Levellogger Edge M10», систематическая погрешность измерений.

Original article

## WATER LEVEL MEASUREMENT IN THE OBSERVATION WELLS: INTERNAL CONTROL ORGANIZATION OF SYSTEMATIC ERRORS

Opryshko B.A.<sup>1</sup>, Shvetsov V.A.<sup>2</sup>, Belavina O.A.<sup>2</sup>, Yastrebov D.P.<sup>2</sup><sup>1</sup> Regional State Unitary Enterprise “Kamchatka Vodokanal”, Petropavlovsk-Kamchatsky, Tsiolkovsky Ave. 3/1.<sup>2</sup> Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

In this paper, we proposed a method for controlling systematic errors in the results of water level measurements in the field condition, obtained using modern “Levellogger Edge M10” measuring systems. The research was carried out in 2023 at Avachinsky water intake well № 24. Our analysis showed that the measurement results obtained using the M10 device, which has been in operation for 5 years, contained a significant systematic error due to the drift of hydrostatic pressure sensor. The measurement results obtained using new M10 devices showed an acceptable systematic error.

**Key words:** water intake observation wells, water level, “Levellogger Edge M10” measuring systems, systematic error of measurements.

## ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг месторождений подземных питьевых вод является важной государственной задачей [Методические рекомендации..., 2000; Боревский и др., 1998]. В настоящее время для его проведения предприятия-водопользователи используют автоматизированные измерительные системы (приборы), например, «Levelogger Edge M10» [<https://www.solinst.com/products/data/3001>]. Однако результаты любых измерений могут содержать случайные и систематические погрешности. От первых зависит метрологическая характеристика, называемая прецизионностью, от вторых – метрологическая характеристика, называемая правильностью [Смагунова и др., 2008]. В качестве оценки метрологической характеристики прецизионности по ГОСТ 8.736-2011 необходимо использовать коэффициент вариации результатов выборочных измерений [<https://metrolpro.ru/wp-content/uploads/2023/01/ГОСТ-Р-8.736-2011>]. Используя ГОСТ 8.736-2011, водопользователь может организовать внутренний контроль случайной погрешности результатов измерений уровня воды в водозаборных скважинах. Однако производитель оборудования не предлагает методику подобного внутреннего контроля систематической погрешности результатов измерений [[https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levelogger-Series.html?\\_\\_ya\\_mt\\_enable\\_static\\_translations=1](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levelogger-Series.html?__ya_mt_enable_static_translations=1)].

В работе Р.Г. Джексона [Джексон, 2007] сказано, что систематическая погрешность измерений может быть минимизирована за счет «тщательности калибровки и проектирования системы». Однако саму методику контроля систематической погрешности результатов измерений уровня воды, применимую в полевых условиях, этот автор

не предлагает [Джексон, 2007]. Совместно с научным сообществом водопользователи разрабатывают свои методики контроля систематических погрешностей показаний современных измерительных систем, применимые в полевых условиях [Опрышко и др., 2021; Опрышко и др., 2023].

В КГУП «Водоканал» наиболее распространены измерительные системы (приборы) «Levelogger Edge M10», ежегодно происходит замена в скважинах старых измерительных систем на новые. Поэтому разработка методик внутреннего контроля измерительных систем «Levelogger Edge M10» в полевых условиях на водозаборах Камчатского края является актуальной задачей. Оперативный контроль точности результатов измерений может осуществляться с помощью косвенных показателей, в частности, по расхождениям показаний дублирующих приборов [Миф, 1996].

В своей работе мы разработали и внедрили методики внутреннего контроля систематической погрешности результатов измерения уровня воды в наблюдательных скважинах, полученных с помощью измерительных систем «Levelogger Edge M10».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами были выполнены следующие полевые эксперименты.

Эксперимент № 1 заключался в контроле метрологических характеристик результатов измерений высоты водного столба в наблюдательной водозаборной скважине № 24 Авачинского водозабора (дата выполнения: 17.12.2023 г.). Для измерения высоты водного столба использовали следующие измерительные системы (приборы) «Levelogger Edge M10»: а) № 49 (эксплуатируется в течение 5 лет); б) № 436 (ранее не эксплуатировался); в) № 459 (ранее не эксплуатировался). Все приборы запрограммировали на синхронное изме-

рение высоты водного столба, с интервалом 10 с между измерениями. Затем их погружали в воду на глубину примерно 10 м и выдержали в течение 6 мин. После чего сняли 30 показаний приборов (представительные выборки результатов измерений) (табл. 1).

Согласно критерию знаков [Дунин-Барковский, Смирнов, 1955] между результатами измерений существует систематическое расхождение. Статистическая обработка показателей эксперимента 1 приведена в таблице 2.

Средние значения результатов измерений высоты водного столба, полученные с помощью приборов № 49 и № 436, сравнивали по *t*-критерию Стьюдента [Смагунова, Карпукова, 2008]. Необходимые расчеты приведены в таблице 3.

Средние значения результатов измерений высоты водного столба, полученные с помощью приборов № 436 и № 459, также сравнивали по *t*-критерию Стьюдента [Смагунова, Карпукова, 2008]. Результаты сравнения приведены в таблице 4.

Таблица 1. Результаты измерений высоты водного столба, полученные с помощью приборов «Levellogger Edge M10»

Table 1. Results of measurements of the water column height obtained using “Levellogger Edge M10” devices

№ п/п	Результаты измерений высоты водного столба, $C_i$ , см, полученные с помощью прибора «Levellogger Edge M10»			Разность между результатами измерений	
	№ 49 $C_1$	№ 436 $C_2$	№ 459 $C_3$	$C_1 - C_2$	$C_2 - C_3$
1	999,54	997,55	997,93	1,99	-0,38
2	999,46	997,47	997,83	1,99	-0,36
3	999,51	997,49	997,87	2,02	-0,38
4	999,48	997,48	997,83	2,00	-0,35
5	999,41	997,41	997,82	2,00	-0,41
6	999,52	997,52	997,87	2,00	-0,35
7	999,38	997,40	997,95	1,98	-0,55
8	999,41	997,44	997,85	1,97	-0,41
9	999,30	997,36	997,72	1,94	-0,36
10	999,30	997,36	997,70	1,94	-0,34
11	999,29	997,34	997,68	1,95	-0,34
12	999,54	997,59	997,96	1,95	-0,37
13	999,87	997,91	998,30	1,96	-0,39
14	999,52	997,54	997,94	1,98	-0,40
15	999,84	997,93	998,25	1,91	-0,32
16	999,14	997,22	997,55	1,92	-0,33
17	999,19	997,25	997,62	1,94	-0,37
18	999,18	997,24	997,63	1,94	-0,35
19	999,21	997,24	997,61	1,97	-0,37
20	998,96	997,01	997,36	1,95	-0,35
21	999,16	997,28	997,64	1,88	-0,36
22	999,16	997,25	997,58	1,91	-0,33
23	999,12	997,24	997,58	1,88	-0,32
24	999,14	997,22	997,59	1,92	-0,37
25	999,14	997,25	997,62	1,89	-0,37
26	999,18	997,31	997,63	1,87	-0,32
27	999,36	997,52	997,84	1,84	-0,32
28	999,18	997,25	997,60	1,93	-0,35
29	998,98	997,15	997,50	1,83	-0,35
30	999,20	997,35	997,67	1,85	-0,32

Таблица 2. Результаты статистической обработки показателей эксперимента 1

Table 2. Results of statistical processing of data obtained in experiment 1

Показатели эксперимента 1	Значения показателей, полученных с помощью прибора "Levellogger Edge M10"		
	№ 49 $C_1$	№ 436 $C_2$	№ 459 $C_3$
Интервал значений высоты водного столба, см	998,96–999,87	997,01–997,93	997,36–998,30
Количество измерений в выборке	30	30	30
Среднее значение высоты водного столба, см	999,32	997,39	997,75
Дисперсия, $S^2$	0,0479	0,0394	0,0422
Стандартное отклонение, $S$	0,22	0,20	0,21
Коэффициент вариации, $V$ , %	0,02	0,02	0,02

Таблица 3. Сравнение по  $t$ -критерию Стьюдента средних результатов измерений высоты водного столба, полученных с помощью приборов № 49 и № 436Table 3. Comparison according to Student's  $t$ -test of average results of measurements of water column height obtained using devices № 49 and № 436

Интервал значений разности между результатами измерений приборов № 49 и № 436, $ C_1 - C_2 $ , см	1,83–2,02
Среднее значение разности между показаниями приборов № 49 и № 436, $ C_1 - C_2 $ , см	1,93
Дисперсия 1	0,0479
Дисперсия 2	0,0394
Расчет значения критерия Фишера и сравнение его с табличным значением: $F = 0,0479 / 0,0394 = 1,22 < (0,05; 29; 29) = 1,84$ , позволяют сделать вывод, что дисперсии однородны	
Расчетное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_p = 35,17$	
Табличное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_T(0,05; 58) = 2,00$ и $t_T(0,001; 58) = 3,46$ Соотношение $t_p > t_T(0,001; 58)$ показывает, что различие между средними показаниями приборов № 49 и № 436 статистически значимо	

Таблица 4. Сравнение по  $t$ -критерию Стьюдента средних результатов измерений высоты водного столба, полученных с помощью приборов № 436 и № 459Table 4. Comparison according to Student's  $t$ -test of average results of measurements of water column height obtained using devices № 436 and № 459

Интервал значений разности между результатами измерений приборов № 436 и № 459, $ C_2 - C_3 $ , см	0,32–0,55
Среднее значение разности между показаниями приборов № 436 и № 459, $ C_2 - C_3 $ , см	0,36
Дисперсия 2	0,0394
Дисперсия 3	0,0422
Расчет значения критерия Фишера и сравнение его с табличным значением: $F = 0,0422 / 0,0394 = 1,07 < (0,05; 29; 29) = 1,84$ , позволяют сделать вывод, что дисперсии однородны	
Расчетное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_p = 6,79$	
Табличное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_T(0,05; 58) = 2,00$ и $t_T(0,001; 58) = 3,46$ Соотношение $t_p > t_T(0,001; 58)$ показывает, что различие между средними показаниями приборов № 436 и № 459 статистически значимо	

В ходе выполнения эксперимента № 2 мы снизили глубину погружения измерительных систем «Levelogger Edge M10» примерно до 192 см. Затем приборы выдерживали в течение 6 мин. За это время показания всех приборов стабилизировались. После чего снимали по 30 показаний каждого из приборов. Интервал времени между отдельными измерениями составлял 10 с. Результаты измерений эксперимента 2 приведены в таблице 5.

Согласно критерию знаков [Дунин-Барковский, Смирнов, 1955] между результатами измерений, приведенными в таб-

лице 5, существует систематическое расхождение. Статистическая обработка результатов эксперимента 2 приведена в таблице 6.

Затем средние результаты измерений высоты водного столба, полученные с помощью приборов № 49 и № 436, сравнили по *t*-критерию Стьюдента [Смагунова, Карпукова, 2008]. Результаты сравнения приведены в таблице 7. Средние значения результатов эксперимента 2 (приборы № 436 и № 459) также сравнили по *t*-критерию Стьюдента [Смагунова, Карпукова, 2008]. Результаты сравнения приведены в таблице 8.

Таблица 5. Результаты измерений высоты водного столба при погружении приборов на глубину примерно 192 см

Table 5. The results of measurements of water column height when devices were immersed to a depth of about 192 cm

№ п/п	Результаты измерений высоты водного столба, $C_i$ , см, с помощью прибора «Levelogger Edge M10»			Разность между результатами измерений	
	№ 49 $C_1$	№ 436 $C_2$	№ 459 $C_3$	$C_1 - C_2$	$C_2 - C_3$
1	193,03	191,18	191,35	1,85	-0,17
2	193,06	191,17	191,39	1,89	-0,22
3	193,07	191,20	191,40	1,87	-0,20
4	193,08	191,25	191,40	1,83	-0,15
5	193,04	191,20	191,36	1,84	-0,16
6	193,07	191,19	191,38	1,88	-0,19
7	193,04	191,18	191,36	1,86	-0,18
8	193,02	191,18	191,35	1,84	-0,17
9	193,06	191,21	191,39	1,85	-0,18
10	193,07	191,20	191,36	1,87	-0,16
11	193,06	191,21	191,40	1,85	-0,19
12	193,06	191,19	191,38	1,87	-0,19
13	193,10	191,24	191,40	1,86	-0,16
14	193,07	191,23	191,41	1,84	-0,18
15	193,04	191,19	191,40	1,85	-0,21
16	193,05	191,21	191,36	1,84	-0,15
17	193,01	191,18	191,36	1,83	-0,18
18	193,04	191,21	191,37	1,83	-0,16
19	193,04	191,22	191,37	1,82	-0,15
20	193,02	191,21	191,39	1,81	-0,18
21	193,03	191,16	191,33	1,87	-0,17
22	193,05	191,24	191,36	1,81	-0,12
23	193,03	191,17	191,34	1,86	-0,17
24	193,08	191,23	191,37	1,85	-0,14
25	193,03	191,19	191,35	1,84	-0,16
26	193,02	191,20	191,39	1,82	-0,19
27	193,02	191,19	191,37	1,83	-0,18
28	192,98	191,21	191,33	1,77	-0,12
29	193,02	191,25	191,33	1,77	-0,08
30	193,06	191,30	191,35	1,76	-0,05

Таблица 6. Результаты статистической обработки показателей эксперимента 2

Table 6. Results of statistical processing of data obtained in experiment 2

Показатели эксперимента 2	Значения показателей, полученных с помощью прибора «Levellogger Edge M10»		
	№ 49 $C_1$	№ 436 $C_2$	№ 459 $C_3$
Интервал значений высоты водного столба, см	192,98–193,10	191,16–191,30	191,33–191,41
Количество измерений в выборке	30	30	30
Среднее значение высоты водного столба, см	193,05	191,21	191,37
Дисперсия, $S^2$	0,0007	0,0008	0,0005
Стандартное отклонение, $S$	0,03	0,03	0,02
Коэффициент вариации, $V$ , %	0,01	0,02	0,01

Таблица 7. Сравнение по  $t$ -критерию Стьюдента средних результатов измерений высоты водного столба в эксперименте 2, полученных с помощью приборов № 49 и № 436Table 7. Comparison according to Student's  $t$ -test of average results of measurements of water column height obtained using devices № 49 and № 436 (experiment 2)

Интервал значений разности между результатами измерений приборов № 49 и № 436, $ C_1 - C_2 $ , см	1,76–1,89
Среднее значение разности между показаниями приборов № 49 и № 436, $ C_1 - C_2 $ , см	1,84
Дисперсия 1	0,0007
Дисперсия 2	0,0008
Расчет значения критерия Фишера и сравнение его с табличным значением: $F = 0,0008 / 0,0007 = 1,14 < (0,05; 29; 29) = 1,84$ , позволяют сделать вывод, что дисперсии однородны	
Расчетное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_p = 255,84$	
Табличное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_T(0,05; 58) = 2,00$ и $t_T(0,001; 58) = 3,46$ Соотношение $t_p > t_T(0,001; 58)$ показывает, что различие между средними результатами измерений приборов № 49 и № 436 статистически значимо	

Таблица 8. Сравнение по  $t$ -критерию Стьюдента средних значений результатов измерений высоты водного столба в эксперименте 2, полученных с помощью приборов № 436 и № 459Table 8. Comparison according to Student's  $t$ -test of average results of measurements of water column height obtained using devices № 436 and № 459 (experiment 2)

Интервал значений разности между результатами измерений приборов № 436 и № 459, $ C_2 - C_3 $ , см	0,05–0,22
Среднее значение разности между показаниями приборов № 436 и № 459, $ C_2 - C_3 $ , см	0,16
Дисперсия 2	0,0008
Дисперсия 3	0,0005
Расчет значения критерия Фишера и сравнение его с табличным значением: $F = 0,0008 / 0,0005 = 1,61 < (0,05; 29; 29) = 1,84$ , позволяет сделать вывод, что дисперсии однородны	
Расчетное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_p = 22,86$	
Табличное значение $t$ -критерия Стьюдента: $t_T(0,05; 58) = 2,00$ и $t_T(0,001; 58) = 3,46$ Соотношение $t_p > t_T(0,001; 58)$ показывает, что различие между средними результатами измерений приборов № 436 и № 459 статистически значимо	

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из результатов, полученных в ходе выполнения эксперимента № 1 (таблицы 1–4), следует:

– результаты измерений, полученные с помощью прибора № 49, содержат значимую систематическую погрешность ( $\approx 1,93$  см), обусловленную дрейфом датчика гидростатического давления;

– дисперсии результатов измерений, полученных с помощью новых приборов № 436 и № 459, однородны, согласно критерию Фишера. Вместе с тем сравнение средних результатов измерений высоты водного столба по  $t$ -критерию Стьюдента выявило, что различие между средними результатами измерений приборов № 436 и № 459 статистически значимо;

– при этом  $\Delta = |C_2 - C_3| = 0,36 < 0,50$  см, то есть не превышает допустимого значения, установленного производителем (Solinst).

Из результатов эксперимента № 2 (таблицы 5–8) следует:

– результаты измерений, полученные с помощью прибора № 49, содержат значимую систематическую погрешность ( $\approx 1,84$  см), обусловленную дрейфом датчика гидростатического давления;

– дисперсии результатов измерений, полученных с помощью новых приборов № 436 и № 459, согласно критерию Фишера однородны. Вместе с тем сравнение средних результатов измерений высоты водного столба по  $t$ -критерию Стьюдента выявило, что различие между средними результатами измерений приборов № 436 и № 459 статистически значимо;

– при этом  $\Delta = |C_2 - C_3| = 0,16 < 0,50$  см, то есть не превышает допустимого значения, установленного производителем (Solinst).

Таким образом, на основании наших экспериментальных исследований мы предлагаем следующую методику контроля систематической погрешности резуль-

татов измерений уровня воды в наблюдательных водозаборных скважинах, полученных с помощью измерительных систем «Levelogger Edge M10»:

1. Эксплуатируемый (рабочий) прибор «Levelogger Edge M10» вынимают из водозаборной скважины. Затем рабочий прибор размещают на подвесном устройстве совместно с двумя новыми приборами «Levelogger Edge M10». После чего все приборы «Levelogger Edge M10» погружают на заданную глубину.

2. Все приборы необходимо выдержать в воде в течение 6 минут.

3. После выдержки приборов «Levelogger Edge M10» в воде синхронно снимают по 30 показаний всех приборов с интервалом времени между измерениями 10 секунд.

4. Переносят результаты измерений высоты водного столба из регистраторов приборов «Levelogger Edge M10» в персональный компьютер.

5. Вынимают приборы «Levelogger Edge M10» из скважины и снимают контрольные (новые) приборы с подвесного устройства. Затем погружают рабочий прибор «Levelogger Edge M10» в скважину (в воду) на заданную глубину.

6. Выполняют математическую обработку результатов измерений высоты водного столба, по результатам которой оценивают точность измерений согласно ГОСТ 8.736-2011 и систематическую погрешность результатов измерений согласно [Дунин-Барковский, Смирнов, 1955].

7. Принимают решение о введении поправки на систематическую погрешность в показания рабочего прибора «Levelogger Edge M10».

## ЛИТЕРАТУРА

Боревский Б.В., Язвин Л.С., Закутин В.П. 1998. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных

- вод: методические рекомендации. АОЗТ «ГИДЭК». Москва: Министерство природных ресурсов (МПР) РФ. 1998. 80 с.
- ГОСТ 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. URL: <https://metrolpro.ru/wp-content/uploads/2023/01/ГОСТ-Р-8.736-2011.pdf> (дата обращения: 24.04.2024).
- Джексон Р.Г. 2007. Новейшие датчики. Москва: Техносфера. 384 с.
- Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. 1955. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). Москва: Гос. изд-во технико-теоретической литературы. 556 с.
- Методические рекомендации по организации мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. 2000. Москва: Гос. центр мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов России. 24 с.
- Миф Н.П. 1996. Методики выполнения измерений. Москва: ТОО «ТОТ». С. 11.
- Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А. и др. 2021. Разработка методики оперативного контроля точности измерений температуры подземных вод с помощью устройств «Levellogger Edge». *Альманах современной метрологии*. № 1 (25). С. 146–151.
- Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А. и др. 2023. К вопросу измерения уровня подземных вод в безнапорных эксплуатационных скважинах. *Альманах современной метрологии*. № 3 (35). С. 144–151.
- Регистратор уровня и температуры Solinst 3001 Levellogger 5. URL: <https://www.solinst.com/products/data/3001.pdf> (дата обращения: 24.04.2024).
- Руководство пользователя серии Solinst Levellogger. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levellogger-Series.html?\\_\\_ya\\_mt\\_enable\\_static\\_translations=1](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levellogger-Series.html?__ya_mt_enable_static_translations=1) (дата обращения: 24.04.2024).
- Смагунова А.Н., Карпукова О.М. 2008. Методы математической статистики в аналитической химии. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та. 339 с.
- Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. 2008. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. Новосибирск: Наука. 60 с.

## REFERENCES

- Borevsky B.V., Yazvin L.S., Zakutin V.P. 1998. Monitoring of deposits and sections of drinking groundwater intakes: methodological recommendations. JSC “GIDEK”. Moscow: Russian Ministry of Natural Resources. 80 p. (in Russian).
- The Interstate Standard 8.736-2011. Direct multiple measurements. Methods of processing measurement results. The main provisions. URL: <https://metrolpro.ru/wp-content/uploads/2023/01/ГОСТ-Р-8.736-2011.pdf> (accessed: 24.04.2024) (in Russian).
- Jackson R.G. 2007. The latest sensors. Moscow: Technosphere Publ. 384 p. (in Russian).
- Dunin-Barkovsky I.V., Smirnov N.V. 1955. Probability theory and mathematical statistics in engineering (general part). Moscow: State Publishing House for Technical and Theoretical Literature. 556 p. (in Russian).
- Methodological recommendations on the organization of groundwater monitoring at small group water intakes and single production wells. 2000. Moscow: State Center for Monitoring the Geological En-

- vironment of Russian Ministry of Natural Resources. 24 p. (in Russian).
- Myth N.P. 1996. Measurement methods. Moscow: Limited liability partnership (LLP) "TOTH". P. 11 (in Russian).
- Opryshko B.A., Shvetsov V.A., Belavina O.A. et al. 2021. Development of a methodology for operational control of the accuracy of measurements of groundwater temperature using Levellogger Edge devices. *Almanakh sovremennoj metrologii (Almanac of Modern Metrology)*. № 1(25). P. 146–151 (in Russian).
- Opryshko B.A., Shvetsov V.A., Belavina O.A. et al. 2023. On the issue of measuring groundwater levels in unpressurized production wells. *Almanakh sovremennoj metrologii (Almanac of Modern Metrology)*. 2023. № 3(35). P. 144–151 (in Russian).
- Solinst 3001 Levellogger level and Temperature logger 5. URL: <https://www.solinst.com/products/data/3001.pdf> (accessed: 24.04.2024) (in Russian).
- Solinst Levellogger Series User's Guide. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levellogger-Series.html?\\_\\_ya\\_mt\\_enable\\_static\\_translations=1](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4ce40a70-66288e89-80667e8a-74722d776562/https/www.manualslib.com/manual/2913962/Solinst-Levellogger-Series.html?__ya_mt_enable_static_translations=1) (accessed: 24.04.2024) (in Russian).
- Smagunova A.N., Karpukova O.M. 2008. Methods of mathematical statistics in analytical chemistry. Irkutsk: Publishing house of the Irkutsk State University. 339 p. (in Russian).
- Smagunova A.N., Shmeleva E.I., Shvetsov V.A. 2008. Algorithms for operational and statistical quality control of the analytical laboratory. Novosibirsk: Nauka Publ. 60 p. (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Опрышко Борис Алексеевич** – КГУП «Камчатский водоканал»; 683009, Россия, Петропавловск-Камчатский; главный технолог Дирекции водоснабжения; opryshkob@yandex.ru. SPIN-код: 6941-9882, Author ID: 970771.

**Opryshko Boris Alexeevich** – Regional State Unitary Enterprise "Kamchatka Vodokanal"; 683009, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Chief Technologist of the Directorate of Water Supply; opryshkob@yandex.ru. SPIN-code: 6941-9882, Author ID: 970771.

**Швецов Владимир Алексеевич** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор химических наук, доцент, профессор кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов». SPIN-код: 1039-0677, Author ID: 645860; Scopus ID: 7006599046.

**Shvetsov Vladimir Alexeevich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department "Power Plants and Electrical Equipment of Ships". SPIN-code: 1039-0677, Author ID: 645860; Scopus ID: 7006599046.

**Белавина Ольга Александровна** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат химических наук, заведующий сектором отдела науки и инноваций; oni@kamchatgtu.ru. SPIN-код: 3647-4760, Author ID: 646191; Scopus ID: 36695962700.

**Belavina Olga Alexandrovna** – Kamchatka State Technical University; Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003, Russia; Candidate of Chemical Sciences, Head of the Sector of Science and Innovation Department; oni@kamchatgtu.ru. SPIN-code: 3647-4760, Author ID: 646191; Scopus ID: 36695962700.

**Ястребов Дмитрий Павлович** – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший преподаватель кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»; restart1101@mail.ru. SPIN-код: 4094-2326, Author ID: 1049650.

**Yastrebov Dmitry Pavlovich** – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Lecturer at Department "Power Plants and Electrical Equipment of Ships"; restart1101@mail.ru. SPIN-code: 4094-2326, Author ID: 1049650.

Статья поступила в редакцию 22.10.2024; одобрена после рецензирования 31.10.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 22.10.2024; approved after reviewing 31.10.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А., Ястребов Д.П. 2024. Измерение уровня воды в наблюдательных скважинах: организация внутреннего контроля систематической погрешности результатов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 8–17. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-8-17>.

For citation: Opryshko B.A., Shvetsov V.A., Belavina O.A., Yastrebov D.P. 2024. Water level measurement in the observation wells: internal control organization of systematic errors. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 8–17 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-8-17>.

Научная статья

УДК 621.315:614.841.415

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-18-27

## ВНЕДРЕНИЕ СПОСОБА ПРОВЕРКИ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ОТ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДУГОВОГО ПРОБОЯ И ИСКРОВЫХ ПРОМЕЖУТКОВ НА СРАБАТЫВАНИЕ

Тюрин А.Н.<sup>1,2</sup>, Ерашова Ю.Н.<sup>3</sup><sup>1</sup> АО «Татэлектромонтаж», г. Казань, ул. Адоратского, 50А.<sup>2</sup> Ассоциация «Росэлектромонтаж», г. Москва, пер. Электрический, 3/10.<sup>3</sup> Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, ул. Красносельская, 51.

Авторами проведен детальный анализ пробоев в виде электрической дуги и изучен принцип работы устройства защиты от дугового пробоя и искровых промежутков (УЗДП). Задачей исследований является обоснование требований к УЗДП и создание способа для их проверки на срабатывание при возникновении параллельной дуги. Способ проверки УЗДП может состоять из имитации дугового пробоя и наблюдения за реакцией устройства. Были проведены испытания аппаратов защиты от опасного искрения в условиях, близких к реальности. Проведенные эксперименты на условие срабатывания УЗДП могут включать в себя создание контролируемой ситуации дугового пробоя, наблюдение за работой устройства и анализ полученных данных. Только после успешного прохождения испытаний можно утверждать, что УЗДП соответствует требованиям.

**Ключевые слова:** искровой разряд, предотвращение пожаров, средства обеспечения безопасности, устройства защиты от дугового пробоя, электрическая дуга.

Original article

## IMPLEMENTATION OF A METHOD FOR CHECKING PROTECTION DEVICES AGAINST PARALLEL ARC BREAKDOWN AND SPARK GAPS FOR OPERATION

Tyurin A.N.<sup>1,2</sup>, Erashova Yu.N.<sup>3</sup><sup>1</sup> JSC "Tatelektromontazh", Kazan, Adoratsky Str. 50A.<sup>2</sup> "Roselectromontazh" Association, Moscow, Electriceskij lane. 3/10.<sup>3</sup> Kazan State Power Engineering University, Kazan, Krasnoselskaya Str. 51.

The work carried out a detailed analysis of breakdowns in the form of an electric arc. The operating principle of the arc flash and spark gap protection device (AFDD) was studied. The objective of the research is to substantiate the requirements for an AFDD and create a method for testing them for operation when a parallel arc occurs. A method for testing an AFDD may consist of simulating an arc flashover and observing the device response. Tests of protection devices against dangerous sparks were carried out under conditions close to reality. Conducted experiments on the triggering conditions of the AFDD may include creating a controlled arc flash situation, observing the operation of the device and analyzing the data obtained. Only after successfully passing the tests can it be stated that the AFDD meets the requirements.

**Key words:** spark discharge, fire prevention, safety equipment, arc flash protection devices, electric arc.

## ВВЕДЕНИЕ

По данным сборника статистики пожаров и их последствий [Пожары ..., 2023], второе место по числу пожаров занимают случаи, связанные с нарушением правил устройства и использования электрооборудования на протяжении нескольких последних лет.

Появление дуговых пробоев в основной своей массе наблюдается в местах соединения проводников: в распределительных коробках, в клеммниках, а также в силовых розетках.

Возникновение дуговых пробоев обусловлено несколькими причинами:

- повреждение жилы кабеля, связанное с механическим воздействием;
- несоблюдение радиуса изгиба при прокладке;
- подвижность кабеля из-за отсутствия его фиксации;
- чрезмерная фиксация, вызванная пережатием жилы.

Наибольший риск возникновения пожара при установке электрических контактных соединений наблюдается в случаях перегрузки по току, короткого замыкания (КЗ) и плохого контакта (больших переходных сопротивлений).

Перегрузка по току является опасным состоянием, которое сопровождается повышением тока до значений больших, чем номинальное. Явление электрического тока всегда сопровождается нагревом проводника. Температура нагрева зависит от того, насколько ток перегрузки превышает номинальное значение тока электротехнического устройства. Следствием перегрева элемента может быть потеря формы или разрушение.

Относительно короткого замыкания можно с уверенностью сказать, что это крайне опасное состояние, приводящее

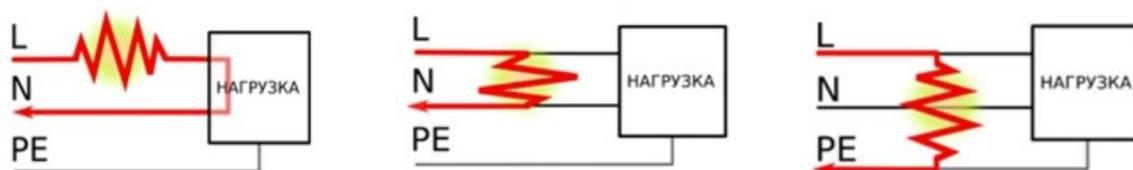
к аварии в электрических сетях, которое нередко сопровождается возникновением пожара. Электрические процессы в режиме короткого замыкания протекают стремительно, сопровождаются значительным повышением температуры элементов электроустановки, что приводит к их плавлению от электрической дуги. Температура плазмы электрической дуги может достигать нескольких тысяч градусов. Под действием этой температуры металл плавится, и его раскаленные частицы разлетаются на значительные расстояния. Велика вероятность того, что такие частицы попадут на легко воспламеняемые конструкции и приведут к пожару. Его источником также может быть сама электрическая дуга.

Режим больших переходных сопротивлений характеризуется разогревом некачественного контакта при длительном протекании электрического тока и в последующем приводит к увеличению сопротивления контакта и еще большему нагреву. При длительном тепловом воздействии наблюдается потеря защитных свойств изоляцией с последующей карбонизацией. Образующиеся микроразряды через карбонизированную изоляцию приводят со временем к возникновению дуги короткого замыкания.

Дуговые пробои, которые не устраняются своевременно, приводят к местному перегреву кабельных линий и электрооборудования с последующим возгоранием и образованием пожара.

Можно выделить следующие виды дуговых процессов (рис. 1):

- пробой при последовательной дуге;
- пробой при параллельной дуге между фазой и нейтралью;
- пробой при параллельной дуге между фазой и землей.



Последовательный дуговой пробой    Параллельный дуговой пробой    Параллельный дуговой пробой на землю

Рис. 1. Виды дуговых пробоев

Fig. 1. Types of arc breakdowns

Учитывая вышесказанное, в подразделениях пожарной охраны не обойтись без внедрения новейшей техники и технологий. К тому же это является неотъемлемой частью государственной политики в области пожарной безопасности в Российской Федерации [Основы ..., 2018].

К новой технике можно отнести устройство защиты при дуговых пробоях (УЗДП), которое позволяет избежать пожаров из-за искрения и электрической дуги. Это устройство способно обнаружить опасное искрение и отключить поврежденный участок цепи [Королев и др., 2018]. Данный аппарат представлен в виде микропроцессорного модульного устройства, предназначенного для защиты участка цепи до 0,4 кВ. В Европе вышеуказанный аппарат изготавливается в соответствии с международным стандартом IEC 62606. В России с 1 июля 2018 г. введен ГОСТ, идентичный международному стандарту IEC 62606. В данном документе определено само название аппарата – УЗДП [Soluyanov et al., 2023].

В 2023 г. Ассоциацией «Росэлектромонтаж» разработаны обязательные требования по применению УЗДП в виде Изменений № 6 к Федеральному своду правил СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (СП) (утверждены Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Российской Федерации от 28.12.2023 г. № 1005/пр.). На основании Изменений № 6 к СП для защиты распределительных сетей УЗДП следует применять в определенных группах жилых и общественных зданий.

На этапе разработки вышеуказанных Изменений в Ассоциацию «Росэлектромонтаж» поступили обращения от изготовителей УЗДП по созданию испытательных стендов для проверки на работоспособность аппаратов при различных видах дуговых процессов, поскольку ранее такое оборудование в испытательных лабораториях отсутствовало.

Принцип работы УЗДП описан в патенте [Патент ... № 199233 РФ] с целью снижения нежелательных эффектов, возникающих при искрении (дуговом пробое) в контролируемой, или защищаемой, цепи путем разъединения питающей сети и защищаемой цепи. На рисунке 2 приведена упрощенная блок-схема варианта исполнения УЗДП [Патент ... № 199233 РФ].

В случае последовательного дугового пробоя основным критерием работоспособности аппаратов является зависимость значения времени отключения от действительного значения тока дуги. Для реализации задач определения работоспособности УЗДП по выявлению последовательных дуговых пробоев был разработан испытательный стенд, описанный в патенте [Патент ... № 2739576 РФ].

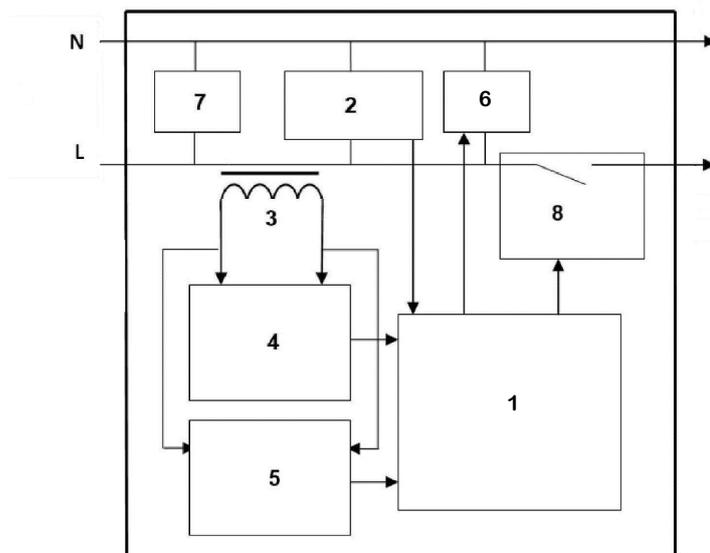


Рис. 2. Упрощенная блок-схема варианта исполнения УЗДП

Fig. 2. Simplified block diagram of an AFDD design option

При параллельных дуговых пробоях критерием срабатывания УЗДП является количество полуволн при действительном значении испытательного тока дуги. Описание разработанного стенда по определению работоспособности УЗДП, по определению параллельных дуговых пробоев на землю представлено в статье [Тюрин и др., 2024]. Установлено, что аппараты различных производителей УЗДП способны выявлять параллельный дуговой пробой на землю, а значит повысить пожаробезопасность распределительных электрических сетей низкого напряжения.

Международный стандарт IEC 62606 устанавливает необходимые процедуры испытаний для разных типов УЗДП с учетом всех трех возможных видов дуговых пробоев. После проведения необходимых испытаний аппараты считаются исправными и поступают в продажу.

В соответствии с п. 1.8.1 [Правила ..., 2002] электроустановки напряжения до 500 кВ перед использованием подвергаются приемо-сдаточным испытаниям. Боль-

шое количество публикаций по теме применения и модернизации аппаратов УЗДП подтверждает актуальность темы, освещенной в статье.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения подобных испытаний необходимо использовать специализированное оборудование, симулирующее аварийные ситуации. В настоящее время на рынке появилась масса аппаратов УЗДП, которые не соответствуют заявленным характеристикам. Поэтому испытательное оборудование должно полноценно воспроизвести аварийный режим для достоверного заключения о работоспособности аппаратов УЗДП.

Наши исследования направлены на улучшение уже имеющихся методов и способов испытания УЗДП на эффективность срабатывания. Проверка работоспособности УЗДП в условиях реальной эксплуатации на действующих объектах позволяет собрать информацию для производителей

аппаратов по некорректным срабатываниям. Отслеживать обязательное срабатывание УЗДП за определенное время можно только во время лабораторных испытаний. Задача данного испытания проверить работу устройства защиты от параллельных дуг и искрообразования, улучшить надежность электрических сетей и установок, а также обеспечить их более высокий уровень пожарной безопасности.

Для проверки устройств защиты от последовательной дуги и искрообразования разработано и применяется на практике специальное испытательное оборудование. Данный метод относится к технике в области измерений и профилактики пожаров, вызванных неисправностями в электрических сетях.

Существует метод проверки устройств, предотвращающих пробой в виде дуги и опасные искрения, который основан на генерации дуги с помощью источника электрической дуги. Ток через дугу зависит от параметров нагрузки. Одновременно с генерацией дуги включается счетчик времени, тогда исправное устройство под воздействием дуги автоматически отключает поврежденный участок, и горение дуги прекращается, а счетчик времени запоминает время срабатывания [Патент ... № 2739576 РФ]. Искрение, переходящее в пробой в виде дуги, создает специальный генератор дуги [Королев и др., 2019].

Существующий метод не имеет возможности проводить диагностику устройств защиты при возникновении параллельной дуги.

Последовательный и параллельный дуговые пробой различны по своей структуре и имеют отличительные особенности.

Экспериментально подтверждается, что последовательный дуговой пробой протекает при номинальном токе потребителя и сопровождается снижением величин

ны тока дуги по отношению к номинальному току порядка 10% из-за большого переходного сопротивления на участке. Так, при номинальном токе 2,8 А при возникновении последовательного дугового пробоя ток дуги составил 2,5 А, когда нагрузка чисто активная и представляет собой нагревательный прибор – радиатор отопления. На рисунке 3 представлена осциллограмма тока последовательной дуги.



Рис. 3. Осциллограмма тока дуги 2,5 А при последовательном дуговом пробое

Fig. 3. Oscillogram of a 2.5 A arc current during a sequential arc breakdown

При параллельном дуговом пробое значение тока дуги выше тока, протекающего в электрических цепях при нормальной их работе. Ток параллельной дуги может увеличиваться до значения тока короткого замыкания. Однако стандартными устройствами защиты от сверхтоков параллельный дуговой пробой не всегда может быть обнаружен из-за недостаточной величины тока для срабатывания защиты и малого переходного сопротивления.

Представляется способ, который позволит безопасно проверять устройства защиты от пробоев в виде дуги всех типов, отечественных и зарубежных производителей, при возникновении параллельного дугового пробоя. Реализуется предложенный способ с помощью блок-схемы, пред-

ставленной на рисунке 4. Блок-схема состоит из следующих элементов: 1 – устройство, предназначенное для автоматического выключения при возникновении короткого замыкания или перегрузки по току; 2 – проверяемое устройство защиты; 3 – образец кабеля с параллельными проводниками; 4 – испытательный выключатель; 5 – счетчик времени; 6 – устройство для изменения значения и характера нагрузки; 7 – прибор для измерения электрического тока.

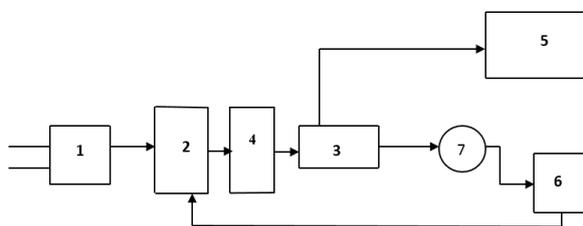


Рис. 4. Блок-схема реализации способа проверки аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя

Fig. 4. Block diagram of the implementation of a method for testing protection devices against parallel arc breakdown

Способ проверки устройств защиты от параллельной дуги и искрообразования работает следующим образом. Автоматический выключатель 1 подает напряжение от источника питания на ввод устройства защиты 2. Испытательный выключатель 4 запускается для создания дугового пробоя в поврежденном образце кабеля с параллельными проводниками 3, одновременно запуская измеритель времени 5. С помощью блока регулируемых нагрузок 6 можно выставлять различные параметры цепи, при этом будет меняться величина тока дуги. Контроль протекающего тока осуществляется при помощи измерителя электрического тока 7. Исправное устройство под воздействием параллельной дуги ав-

томатически отключает поврежденную цепь, и горение дуги прекращается, а счетчик времени запоминает время срабатывания. В том случае когда устройство не отработало должным образом, цепь будет разомкнута вручную.

Данный способ был использован при изготовлении испытательного стенда для проверки серийных образцов УЗДП на реальных параллельных дуговых пробоях.

Параллельный дуговой пробой является предшественником короткого замыкания и в отличие от последовательного дугового пробоя сопровождается большими токами, протекающими на наблюдаемом образце кабеля (рис. 5).



Рис. 5. Параллельный дуговой пробой на образце кабеля

Fig. 5. Parallel arc fault on a cable sample

В дальнейшем параллельный дуговой пробой сопровождается не только большими токами, но и большим выделением тепла и переходит в металлическое короткое замыкание, что и наблюдалось в наших экспериментах по проверке заявленных характеристик на предоставленных образцах аппаратов УЗДП различных производителей. При этом отслеживается выгорание помимо изоляционного слоя еще и токопроводящей жилы образца кабеля (рис. 6).

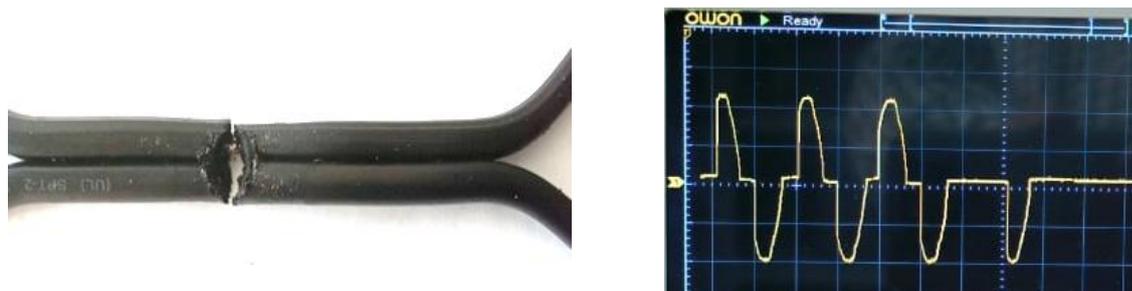


Рис. 6. Образец кабеля после завершения параллельного дугового пробоя и осциллограмма тока дуги при параллельном дуговом пробое

Fig. 6. Sample cable after completion of parallel arc fault and oscillogram of arc current during parallel arc breakdown

Осциллограмма тока, снятая при вышеописанном эксперименте, при параллельном дуговом пробое выглядит несколько иначе, чем при последовательном дуговом пробое и представлена на рисунке 6. На осциллограмме параллельного дугового пробоя наблюдаются симметрия, близкая к осевой, и более широкие «плечи» при прохождении тока через нулевое значение по сравнению с последовательным дуговым пробоем.

В ходе апробации разработанного и впоследствии изготовленного устройства установлено, что данный испытательный стенд позволяет обеспечить безопасную проверку по заявленным характеристикам всех аппаратов УЗДП различных производителей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный выше подход к проверке на работоспособность аппаратов УЗДП обеспечивает надежную защиту от параллельных пробоев в виде дуги и опасного искрообразования, так как позволяет оперативно выявить и устранить неисправности в работе устройства защиты. Анализ результатов, полученных в ходе испытаний, показал, что параллельный дуговой процесс может выявить и нейтрализовать за определенное время только уст-

ройство защиты от дуговых пробоев. Этот уникальный способ позволяет улучшить уровень безопасности при эксплуатации электрических сетей до 0,4 кВ и уменьшить риск возникновения пожаров из-за несоблюдения правил устройства и применения электрооборудования.

Предложенный способ позволяет наглядно контролировать и сопоставлять с нормативной документацией основные параметры УЗДП и выяснить, какие модели устройств защиты в каких условиях проявляют себя лучше. Изобретение было запатентовано [Патент ... № 2777027 РФ].

Проведение специальных испытаний позволяет разработать требования, необходимые при планировании места установки УЗДП в щитах и определении их количества. Кроме этого, появляется возможность определить максимальную мощность и максимальную удаленность с учетом параметров нагрузки защищаемой цепи. Получение большего количества данных требует проведения экспериментов с большим количеством нагрузок при различных испытательных токах. Полученные осциллограммы тока и напряжения при реализации данного способа могут рассматриваться для анализа переходных токов и напряжений. Кроме того, полученные осциллограммы можно использовать для определения начального момента вре-

мени возникновения искрения и момента прекращения горения дуги. Это позволит понять, почему устройство защиты в каждой отдельной ситуации срабатывает или нет [Наумов, 2020].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ видов и причин возникновения дуговых пробоев. В работе были изучены ключевые принципы работы и условия эксплуатации устройства защиты от электрической дуги. Разработан способ проверки работоспособности УЗДП, который был испытан в конкретных цепях по заданным параметрам. По результатам испытаний алгоритм работы некоторых УЗДП был скорректирован. Проведенная работа позволяет сделать вывод об эффективности выбранных моделей УЗДП в различных условиях эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

- Королев И.В., Валуев П.В., Бурдюков Д.А. 2019. Моделирование срабатывания УЗДП в электрических сетях 0,4 кВ. *Электроэнергия. Передача и распределение*. № 6(57). С. 124–127.
- Королев И.В., Кондратьев О.Е., Валуев П.В., Локтионов О.А. 2018. Анализ целесообразности применения устройств обнаружения дугового пробоя для комплексной защиты от пожаров, вызванных неисправностями электрооборудования. *Электроэнергия. Передача и распределение*. № 2 (47). С. 128–131.
- Наумов А.А. 2020. Обеспечение требуемого качества электрической энергии. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. № 22 (1). С. 85–92.
- Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года.

- Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 01.01.2018 № 2.
- Патент на изобретение № 2739576 РФ. Способ проверки аппаратов защиты от дугового пробоя и искровых промежутков. *Казанский государственный энергетический университет* (Тюрин А.Н., Солуянов Ю.И., Шмуклер М.И. и др.).
- Патент на изобретение № 2777027. Способ проверки аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя и искровых промежутков при повреждении кабеля. *Казанский государственный энергетический университет* (Тюрин А.Н., Солуянов Ю.И., Ившин И.В. и др.).
- Патент на полезную модель № 199233 РФ. Устройство защиты при дуговом пробое (Мкртумов А.С., Немцов А.Н., Немцов Ф.Н.).
- Тюрин А.Н., Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р. 2024. Проверка на работоспособность при замыкании на землю аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя и искровых промежутков. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. № 26 (4). С. 41–54.
- Правила устройства электроустановок. 7-е издание. 2002.
- Пожары и пожарная безопасность в 2022 г. 2023. Статистический сборник. Москва: ВНИИПО МЧС РФ.
- Soluyanov Y., Tyurin A., Akhmetshin A. 2023. Test of arc fault detection devices for operation from spark gaps and arc fault in an electric circuit of 0.4 kV. *2023 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon)*. Magnitogorsk, Russian Federation. P. 374–378.

## REFERENCES

- Korolev I.V., Valuev P.V., Burdyukov D.A. 2019. Modeling the implementation of AFDD in electrical networks with value

- of 0.4 kV. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie (Electricity. Transfer and Transfer)*. № 6(57). P. 124–127 (in Russian).
- Korolev I.V., Kondratyev O.E., Valuev P.V. et al. 2018. Analysis of the effectiveness of using an arc fault detection device for comprehensive protection against fires caused by faulty electrical equipment parts. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie (Electricity. Transfer and Transfer)*. № 2(47). P. 128–131 (in Russian).
- Naumov A.A. 2020. Ensuring the required quality of electrical energy. News of higher educational institutions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki (Energy Problems)*. № 22(1). P. 85–92 (in Russian).
- Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of fire safety for the period until 2030. Approved by Decree of the President of the Russian Federation dated January 1, 2018. № 2 (in Russian).
- Patent for invention № 2739576 RF. Method for testing arc flashover and spark gap protection devices. *Kazan State Energy University (Tyurin A.N., Soluyanov Yu.I., Shmukler M.I. et al.)* (in Russian).
- Patent for invention № 2777027. Method for testing protection devices against parallel arc breakdown and spark gaps in case of cable damage. *Kazan State Energy University (Tyurin A.N., Soluyanov Yu.I., Ivshin I.V. et al.)* (in Russian).
- Utility model patent № 199233 RF. Arc fault protection device (Mkrumov A.S., Nemtsov A.N., Nemtsov F.N.) (in Russian).
- Tyurin A.N., Soluyanov Yu.I., Akhmetshin A.R. 2024. Testing the functionality of protection devices against parallel arc breakdown and spark gaps during a ground fault. News of higher educational institutions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki (Energy Problems)*. № 26(4). P. 41–54 (in Russian).
- Rules for electrical installations. 7th edition. 2002 (in Russian).
- Fires and fire safety in 2022. 2023. Statistical collection. Moscow: VNIPO EMERCOM of the Russian Federation (in Russian).
- Soluyanov Y., Tyurin A., Akhmetshin A. 2023. Test of arc fault detection devices for operation from spark gaps and arc fault in an electric circuit of 0.4 kV. *2023 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon)*. Magnitogorsk, Russian Federation. P. 374–378.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Тюрин Александр Николаевич** – АО «Татэлектромонтаж»; 420132, Россия, Казань; кандидат технических наук, главный технолог; Ассоциация «Росэлектромонтаж»; 126557, Россия, Москва; главный специалист; turinal@rambler.ru. SPIN-код: 3040-8819, Author ID: 1147705; Scopus ID: 58738873200.

**Tyurin Alexander Nikolaevich** – JSC “Tatelektromontazh”; 420132, Russia, Kazan; Candidate of Technical Sciences, Chief Technologist; “Roselectromontazh” Association; 126557, Moscow; Chief Specialist; turinal@rambler.ru. SPIN-code: 3040-8819, Author ID: 1147705; Scopus ID: 58738873200.

**Ерашова Юлия Николаевна** – Казанский государственный энергетический университет; 420066, Россия, Казань; старший преподаватель кафедры «Теоретические основы электротехники»; yuliya.kostina@mail.ru. SPIN-код: 8172-9020, Author ID: 688887.

**Erashova Yulia Nikolaevna** – Kazan State Power Engineering University; 420066, Russia, Kazan; Senior Lecturer of the Department “Theoretical Foundations of Electrical Engineering”; yuliya.kostina@mail.ru. SPIN-code: 8172-9020, Author ID: 688887.

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 17.10.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 30.05.2024; approved after reviewing 17.10.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Тюрин А.Н., Ерашова Ю.Н. 2024. Внедрение способа проверки аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя и искровых промежутков на срабатывание. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 18–27. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-18-27>.

For citation: Tyurin A.N., Erashova Yu.N. 2024. Implementation of a method for checking protection devices against parallel arc breakdown and spark gaps for operation. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 18–27 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-18-27>.

Научная статья

УДК 593.95

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-28-37

## СХОДСТВО ФАУН МОРСКИХ ЕЖЕЙ (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) МОРЕЙ РОССИИ

Степанов В.Г.<sup>1</sup>, Панина Е.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Университетская наб., 1.

По литературным и собственным данным проведен сравнительный анализ фаун морских ежей из российских морей. Проанализировано видовое разнообразие морских ежей арктических (Белое, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и дальневосточных (Берингово, Охотское, Японское) морей России, а также Центрального полярного бассейна. Фауна морских ежей России четко разделилась на две группы: 1) арктические, 2) дальневосточные моря. Среди дальневосточных морей более сходны фауны Охотского и Японского морей. Среди арктических морей наиболее сильно отличается фауна Баренцева моря. Далее можно выделить две группы: 1) Карское море, Море Лаптевых и Центральный полярный бассейн, 2) Белое, Восточно-Сибирское и Чукотское моря.

**Ключевые слова:** морские ежи, распространение, российские моря, сравнение фаун, Echinoidea.

Original article

## SIMILARITY OF SEA URCHIN (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) FAUNA OF RUSSIAN SEAS

Stepanov V.G.<sup>1</sup>, Panina E.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

<sup>2</sup> Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Universitetskaya Emb. 1.

A comparative analysis of the sea urchins fauna from Russian seas was carried out based using known published references and personal data by these authors. We analyzed the species diversity of sea urchins from the Arctic seas of Russia (White Sea, Barents Sea, Kara Sea, Laptev Sea, East-Siberian Sea, and Chukchi Sea), Far Eastern seas (Bering Sea, Sea of Okhotsk, Japan Sea) and the Central Polar Basin. In these areas, the sea urchins fauna can be clearly divided into 2 groups: 1) Arctic seas, 2) Far Eastern seas. Among the Far Eastern seas, the fauna from the Sea of Okhotsk and Japan Sea is most similar. Among the Arctic seas, the fauna of the Barents Sea is most different. Therefore, 2 groups can be distinguished: 1) Kara Sea, Laptev Sea and Central Polar Basin, 2) White Sea, East-Siberian Sea and Chukchi Sea.

**Key words:** sea urchin, distribution, Russian seas, fauna comparison Echinoidea.

## ВВЕДЕНИЕ

История изучения морских ежей российских морей началась в первой половине прошлого столетия (до этого были лишь отрывочные сведения). В 1923 г. была опубликована монография А.М. Дьяконова, посвященная фауне морских ежей России и сопредельных стран [Дьяконов, 1923]. В 1926 г. А.М. Дьяконовым выпущена статья, посвященная фауне иглокожих Баренцева, Карского и Белого морей, включающая определитель девяти видов морских ежей [Дьяконов, 1926]. В 1926 и 1928 гг. А.А. Шорыгин опубликовал статьи по иглокожим Белого и Баренцева морей, включающие подробные сведения о распространении и условиях их существования [Шорыгин, 1926; 1928]. В 1930–50-х гг. вышеуказанными авторами опубликован ряд статей, посвященных фауне иглокожих морей [Дьяконов, 1933; 1938; 1949; 1952; 1955; 1958; Шорыгин, 1948]. В 1950–70-х гг. работу по изучению иглокожих, в частности морских ежей, продолжила З.И. Баранова [Баранова, 1957; 1962; 1964; 1971; 1976].

Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* в морях России были изучены А.Г. Бажиним [Бажин, 1995], а в 2012 г. в соавторстве с В.Г. Степановым он опубликовал монографию «Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России» [Бажин, Степанов, 2012].

В 1997 г. был опубликован список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России, включающий шесть видов морских ежей [Кусакин и др., 1997]. В 2001 г. был составлен список морских ежей евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики, включающий девять видов [Смирнов, 2001], а в 2013 г. тем же автором составлен список морских ежей дальнево-

сточных морей России – 20 видов [Смирнов, 2013]. Цветной иллюстрированный атлас иглокожих и асцидий дальневосточных морей России, включающий описания 12 видов морских ежей, был опубликован в 2010 г. [Явнов, 2010].

В настоящей статье мы продолжаем начатую ранее работу по представителям морской фауны российских морей [Смирнов и др., 2022; Степанов, Панина, 2024]. В статье приводится анализ фаун морских ежей морей России, выполненный по литературным и собственным данным.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужил литературный анализ распространения морских ежей в морях России с использованием собственных данных. Для исследования особенностей биоразнообразия морских ежей, оценки обособленности и сходства фаун в исследуемых районах применялись различные показатели. Были рассчитаны родовой коэффициент, прогнозируемое количество родов и видов. Степень изученности (прогнозируемое количество родов и видов) каждого из морей устанавливалась посредством применения параболической функции, отражающей зависимость между рангами таксонов и биоразнообразием (рисунок). Соотношение автохтонных и аллохтонных тенденций в формировании фауны морских ежей исследуемых морей на уровне вида и рода определялось по показателю насыщенности видового и родового состава (отношение разницы между фактическим и прогнозируемым количеством родов/видов к фактическому количеству зарегистрированных родов/видов в конкретном море), а также значению родового коэффициента (отношение количества видов к общему количеству родов).

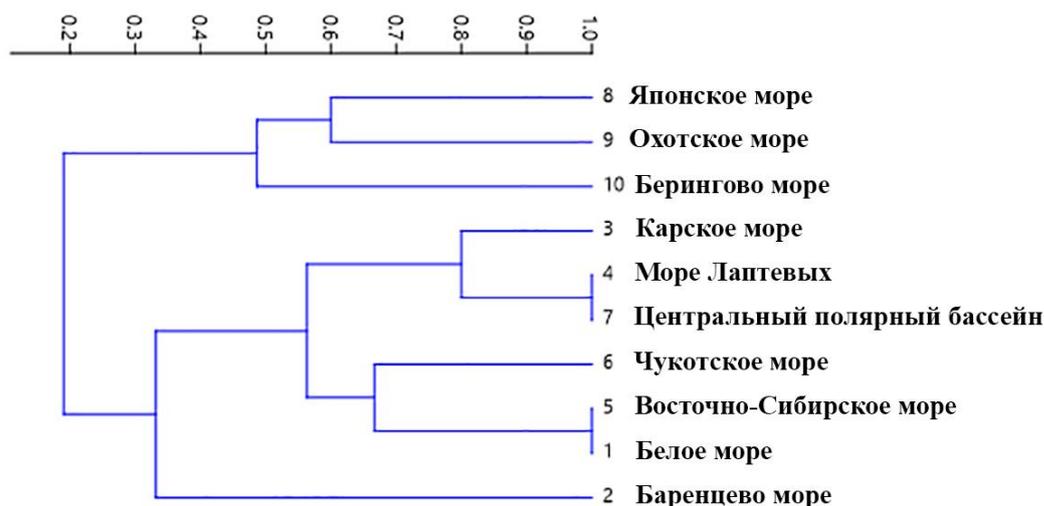


Рис. Дендрограмма видового сходства фауны морских ежей по коэффициенту Серенсена – Чекановского

Fig. Species similarity dendrogram of the sea urchins fauna according to Sørensen – Chekanovsky coefficient

Оценка сходства фаун морских ежей исследуемых районов по видовому составу выполнялась посредством кластеризации данных в программе PAST 4.04. В качестве меры сходства использовался коэффициент видового сходства Серенсена – Чекановского:

$$K_{se} = \frac{2c}{a + b},$$

где  $a$  – число видов в одном сообществе;

$b$  – число видов в другом сообществе;

$c$  – число видов, общих для двух сообществ.

Пределы этого коэффициента от 0 до 1, причем  $K_{se} = 1$  означает полное сходство сообществ (абсолютное совпадение списков), а  $K_{se} = 0$  означает, что они не имеют ни одного общего вида.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В российских морях обитают 28 видов морских ежей (вид *Pourtalesia jeffreysi* (Wyville Thomson, 1873) включает два подвида – *Pourtalesia jeffreysi gibbosa*

Mironov, 1995 и *Pourtalesia jeffreysi lata* (Mironov, 1995)), принадлежащих к 6 отрядам, 15 семействам и 18 родам (табл. 1).

Представители отряда *Cidaroida* Claus, 1880 встречены только в Охотском и Беринговом морях, а виды отряда *Stomopneustoida* Kroh et Smith, 2010 – только в Японском и Охотском морях.

Представители отряда *Holasteroida* Durham et Melville, 1957 встречены в Баренцевом, Карском, Лаптевых, Беринговом и Охотском морях, а также в Центральном полярном бассейне, причем вид *Urechinus naresianus* A. Agassiz, 1879 (сем. *Urechinidae* Duncan, 1889, род *Urechinus* A. Agassiz, 1879) был обнаружен только в Охотском море.

Представители отряда *Spatangoida* L. Agassiz, 1840 также, как и виды семейства *Schizasteridae* Lambert, 1905, встречены в Баренцевом и дальневосточных морях, виды семейства *Spatangidae* Gray, 1825 обнаружены только в Баренцевом море, виды семейства *Loveniidae* Lambert, 1905 – только в Японском море, а виды семейства *Aeropsidae* Lambert, 1896 – только в Беринговом море.

Таблица 1. Распространение морских ежей в морях России

Table 1. Distribution of sea urchins in the Russian seas

Таксон	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Японское море	Охотское море	Берингово море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Отряд Cidaroida Claus, 1880</b>									+	+
<b>Семейство Ctenocidaridae Mortensen, 1928</b>									+	+
<b>Род Aporocidaris A. Agassiz et H.L. Clark, 1907</b>									+	+
<i>Aporocidaris fragilis</i> A. Agassiz et H.L. Clark, 1907									+	+
<b>Отряд Samarodonta Jackson, 1912</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Семейство Strongylocentrotidae Gregory, 1900</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Род Strongylocentrotus Brandt, 1835</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> (O.F. Müller, 1776)		+	+					+	+	+
<i>Strongylocentrotus intermedius</i> (A. Agassiz, 1863)								+	+	
<i>Strongylocentrotus pallidus</i> (G.O. Sars, 1871)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strongylocentrotus polyacanthus</i> A. Agassiz et H.L. Clark, 1907									+	+
<b>Род Mesocentrotus Tatarenko et Poltarau, 1993</b>								+	+	
<i>Mesocentrotus nudus</i> (A. Agassiz, 1864)								+	+	
<b>Род Pseudocentrotus Mortensen, 1903</b>								+	+	
<i>Pseudocentrotus depressus</i> (A. Agassiz, 1864)								+	+	
<b>Семейство Echinidae Gray, 1825</b>		+								
<b>Род Echinus Linnaeus, 1758</b>		+								
<i>Echinus esculentus</i> Linnaeus, 1758		+								
<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816		+								
<b>Семейство Temnopleuridae A. Agassiz, 1872</b>									+	
<b>Род Temnopleurus L. Agassiz, 1841</b>									+	
<i>Temnopleurus reevesii</i> (Gray, 1855)									+	
<b>Отряд Echinolampadacea Mongiardino Koch et al., 2018</b>		+				+		+	+	+
<b>Семейство Scutelliformes incertae sedis</b>									+	
<b>Род Marginoproctus Budin, 1980</b>									+	
<i>Marginoproctus djakonovi</i> Budin, 1980									+	
<b>Семейство Fibulariidae Gray, 1855</b>		+								
<b>Род Echinocyamus van Phelsum, 1774</b>		+								
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O.F. Müller, 1776)		+								
<b>Семейство Echinarachniidae Lambert in Lambert et Thiéry, 1914</b>						+		+	+	+
<b>Род Echinarachnius Gray, 1825</b>						+		+	+	+
<i>Echinarachnius parma</i> (Lamarck, 1816)						+		+	+	+
<b>Семейство Scutellidae Gray, 1825</b>								+	+	
<b>Род Scaphechinus A. Agassiz, 1864</b>								+	+	
<i>Scaphechinus mirabilis</i> A. Agassiz, 1864								+		

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

Таксон	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Японское море	Охотское море	Берингово море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Scaphechinus brykovi</i> Budin, 1983								+		
<i>Scaphechinus griseus</i> (Mortensen, 1927)								+	+	
<b>Отряд Spatangoida A. Agassiz, 1840</b>		+						+	+	+
<b>Семейство Aeropsidae Lambert, 1896</b>										+
<b>Род Aeropsis Mortensen, 1907</b>										+
<i>Aeropsis fulva</i> (A. Agassiz, 1898)									+	+
<b>Семейство Loveniidae Lambert, 1905</b>								+		
<b>Род Echinocardium Gray, 1825</b>								+		
<i>Echinocardium cordatum</i> (Pennant, 1777)								+		
<b>Семейство Spatangidae Gray, 1825</b>		+								
<b>Род Spatangus Gray, 1825</b>		+								
<i>Spatangus purpureus</i> (O.F. Miller, 1776)		+								
<b>Семейство Schizasteridae Lambert, 1905</b>		+						+	+	+
<b>Род Brisaster Gray, 1855</b>		+						+	+	+
<i>Brisaster fragilis</i> (Dtlben et Koren, 1846)		+								
<i>Brisaster latifrons</i> (A. Agassiz, 1898)								+	+	+
<i>Brisaster townsendi</i> (A. Agassiz, 1898)										+
<b>Отряд Stomorneustoida Kroh et Smith, 2010</b>								+	+	
<b>Семейство Glyptocidaridae Jensen, 1982</b>								+	+	
<b>Род Glyptocidaris A. Agassiz, 1864</b>								+	+	
<i>Glyptocidaris crenularis</i> A. Agassiz, 1864								+	+	
<b>Отряд Holasteroida Durham et Melville, 1957</b>									+	+
<b>Семейство Urechinidae Duncan, 1889</b>									+	
<b>Род Urechinus A. Agassiz, 1879</b>									+	
<i>Urechinus naresianus</i> A. Agassiz, 1879									+	
<b>Род Cystechinus A. Agassiz, 1879</b>									+	
<i>Cystechinus loveni</i> A. Agassiz, 1898									+	
<b>Семейство Pourtalesiiidae A. Agassiz, 1881</b>									+	+
<b>Род Pourtalesia A. Agassiz, 1869</b>									+	+
<i>Pourtalesia laguncula beringiana</i> Baranova, 1955									+	+
<i>Pourtalesia jeffreysi</i> (Wyville Thomson, 1873)		+	+	+			+			
<i>Pourtalesia thomsoni</i> Mironov, 1976									+	
<b>Всего видов</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>9</b>

Представители отряда Echinolampradacea встречены в Баренцевом, Чукотском и дальневосточных морях, при этом виды семейства Fibulariidae Gray, 1855 обнаружены только в Баренцевом море, виды семейства Scutellidae Gray, 1825 – только

в Японском и Охотском морях, а виды семейства Echinarachniidae Lambert in Lambert et Thiéry, 1914 – в Чукотском и дальневосточных морях.

Представители отряда Samarodonta Jackson, 1912, также как и род *Strongylo-*

*centrotus* Brandt, 1835 (сем. Strongylocentrotidae Gregory, 1900) распространены во всех морях России. Виды родов *Mesocentrotus* Tatarenko et Poltarau, 1993 и *Pseudocentrotus* Mortensen, 1903 (сем. Strongylocentrotidae Gregory, 1900) встречаются только в Японском и Охотском морях, виды семейства Echinidae Gray, 1825 – только в Баренцевом море, а виды семейства Temnopleuridae A. Agassiz, 1872 – только в Охотском море.

Для сравнения фаун морских ежей указанных районов нами были рассчитаны коэффициенты видового сходства Серенсена – Чекановского (табл. 2). Фауна морских ежей России четко разделилась на две группы: 1) арктические, 2) дальневосточные моря (рис. 1). Среди дальневосточных морей более сходна фауна Охотского

и Японского морей – 60% (коэффициент сходства Серенсена – Чекановского (СЧ) равен 0,60).

Среди арктических морей наиболее значительно отличается фауна Баренцева моря. Далее можно выделить две группы: 1) Карское море, Море Лаптевых и Центральный полярный бассейн; 2) Белое, Восточно-Сибирское и Чукотское моря. Наиболее сходен состав фаун в морях Карском и Лаптевых (80%), а также Чукотском и Восточно-Сибирском (67%).

В дальневосточных морях наибольшее видовое разнообразие наблюдается в Охотском море, наименьшее – в Беринговом (табл. 3). В Арктике наибольшее родовое и видовое разнообразие наблюдается в Баренцевом море.

Таблица 2. Коэффициенты сходства фауны морских ежей морей России

Table 2. Similarity coefficients between the sea urchins fauna from Russian seas

	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Японское море	Охотское море	Берингово море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2	0,22	8								
3	0,50	0,55	3							
4	0,67	0,40	0,80	2						
5	1,00	0,22	0,50	0,67	1					
6	0,67	0,20	0,40	0,50	0,67	2				
7	0,67	0,40	0,80	1,00	0,67	0,50	2			
8	0,15	0,20	0,27	0,14	0,15	0,29	0,14	12		
9	0,11	0,15	0,19	0,10	0,11	0,20	0,10	0,60	18	
10	0,20	0,24	0,33	0,18	0,20	0,36	0,18	0,38	0,59	9

*Примечание.* По диагонали указано количество видов для каждого моря. Снизу от диагонали приведены коэффициенты сходства Серенсена – Чекановского.

*Note.* The diagonal shows the number of species for each of the seas. The coefficients of the Sorensen – Chekanovsky similarity are shown from the bottom of the diagonal

Таблица 3. Таксономическая структура фауны морских ежей в исследуемых районах

Table 3. Taxonomic structure of the sea urchin fauna from analyzed areas

Таксоны и показатели	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Японское море	Охотское море	Берингово море
Отряды	1	4	2	2	1	2	2	4	6	5
Семейства	1	6	2	2	1	2	2	6	10	6
Роды	1	6	2	2	1	2	2	8	13	6
Виды	1	8	3	2	1	2	2	12	18	9

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках госзадания по теме: «Таксономия, биоразнообразие и экология беспозвоночных российских и сопредельных вод Мирового океана, континентальных водоемов и увлажненных территорий» (Регистрационный № темы: 122031100275-4).

### ЛИТЕРАТУРА

- Баранова З.И. 1957. Иголокожие Берингова моря. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 4. С. 149–266.
- Баранова З.И. 1962. Иголокожие Курильских островов. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 8. С. 347–363.
- Баранова З.И. 1964. Иголокожие (Echinodermata), собранные экспедицией на л/р «Ф. Литке» в 1955 г. Москва – Ленинград: Транспорт. Т. 259. С. 355–372.
- Баранова З.И. 1971. Иголокожие залива Посьета Японского моря. В сб. Фауна и флора залива Посьета Японского моря. Ленинград: Наука. С. 242–264. (Исследования фауны морей. Вып. 8 (16)).
- Баранова З.И. 1976. Тип иглокожие (Echinodermata). Животные и растения залива Петра Великого. Ленинград: Наука. Р. 114–120.
- Бажин А.Г. 1995. Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* морей России. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 126 с.
- Бажин А.Г., Степанов В.Г. 2012. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 196 с.
- Дьяконов А.М. 1923. Фауна России и сопредельных стран преимущественно по коллекциям Зоологического музея Российской академии наук. Иголокожие (Echinodermata). Т. 1. Вып. 1. Морские ежи (Echinoidea). Петроград. 361 с.
- Дьяконов А.М. 1926. Иголокожие Баренцева, Карского и Белого морей. *Труды Ленинградского общества естествоиспытателей*. Т. 61. Вып. 2. С. 98–131.
- Дьяконов А.М. 1933. Иголокожие северных морей. Ленинград: АН СССР. 166 с. (Определители по фауне СССР, изд-во ЗИН АН СССР. Вып. 8).
- Дьяконов А.М. 1938. Иголокожие (Echinodermata) залива Сяуху в Японском море. *Труды гидробиологической экспедиции ЗИН АН 1934 г. на Японском море*. Вып. 2. С. 425–498.
- Дьяконов А.М. 1949. Определитель иглокожих дальневосточных морей (Берин-

- гова, Охотского и Японского). *Известия ТИНРО*. Т. 30. 130 с.
- Дьяконов А.М. 1952. Иглокожие (Echinodermata) Чукотского моря и Берингова пролива. В кн. Крайний Северо-Восток Союза ССР. Ленинград: АН СССР. Т. 2. Фауна и флора Чукотского моря С. 286–310.
- Дьяконов А.М. 1955. Тип Echinodermata – Иглокожие. В кн. Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР. Москва – Ленинград: Изд-во АН СССР. С. 203–219.
- Дьяконов А.М. 1958. Новости фауны иглокожих (Echinodermata) юго-западного побережья Сахалина по сборам экспедиции Зоологического института Академии наук СССР в 1946 году. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 5. С. 260–270.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. и др. 1997. Список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России. Владивосток: Дальнаука. 168 с.
- Смирнов А.В. 2001. Список видов свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики. *Исследования фауны морей*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН. Т. 51. Вып. 59. С. 123–124.
- Смирнов А.В. 2013. Список видов свободноживущих беспозвоночных дальневосточных морей России. *Исследования фауны морей*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН. Т. 75. Вып. 83. С. 191–195.
- Смирнов А.В., Панина Е.Г., Степанов В.Г. 2022. Морские звезды (Echinodermata: Asteroidea) северо-западной части Берингова моря, собранные экспедицией ТИНРО-центра на судне НИС «ТИНРО» в июле – августе 2008 года. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 62. С. 49–73.
- Степанов В.Г., Панина Е.Г. 2024. Сходство фаун морских звезд (Echinodermata: Asteroisidae) морей России. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 69. С. 57–79.
- Шорыгин А.А. 1926. Иглокожие Белого моря. *Труды Плавучего морского научного института*. Т. 2. Вып. 1. С. 3–59.
- Шорыгин А.А. 1928. Иглокожие Баренцева моря. *Труды Морского научного института*. Т. 3. Вып. 4. С. 5–107.
- Шорыгин А.А. 1948. Тип Echinodermata – Иглокожие. *Определитель фауны и флоры северных морей СССР*. Москва: Советская наука. С. 469–495.
- Явнов С.В. 2010. Атлас иглокожих и асцидий дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 176 с.

#### REFERENCES

- Baranova Z.I. 1957. Echinoderms of Bering Sea. *Issledovaniya dalnevostochnikh morej SSSR (Explorations of the Far Eastern Seas of the USSR)*. Iss. 4. P. 149–266 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1962. Echinoderms of the Kuril Islands. *Issledovaniya dalnevostochnikh morej SSSR (Explorations of the Far Eastern Seas of the USSR)*. Iss. 8. P. 347–363 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1964. Echinoderms (Echinodermata), collected by the expedition on the icebreaker “F. Litke” in 1955. Moscow – Leningrad: Transport Publ. Vol. 256. P. 355–372 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1971. Echinoderms of Posyet Bay, the Sea of Japan. In: Fauna and flora of Posyet Bay, the Sea of Japan. Leningrad: Nauka Publ. P. 242–264. (Explorations of the fauna of the seas. Iss. 8(16)) (in Russian).
- Baranova Z.I. 1976. Phylum Echinodermata (Echinodermata). Animals and plants of

- Peter the Great Bay. Leningrad: Nauka Publ. P. 114–120 (in Russian).
- Bazhin A.G. 1995. Species composition, conditions of existence and distribution of sea urchins of the genus *Strongylo centrotus* in the seas of Russia. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok: IBM FEB RAS. 126 p. (in Russian).
- Bazhin A.G., Stepanov V.G. 2012. Sea urchins fam. Strongylocentrotidae of seas of Russia. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 196 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1923. Fauna of Russia and adjacent countries mainly based on the collections of the Zoological Museum of the Russian Academy of Sciences. Echinoderms (Echinodermata). Vol. 1. Iss. 1. Sea urchins (Ecinoidea). Petrograd. 361 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1926. Echinoderms of the Barents, Kara and White Seas. *Trudi Leningradskogo obchestva estestvoispytatelej (Proceedings of the Leningrad Society of Naturalists)*. Vol. 61. Iss. 2. P. 98–131 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1933. Echinoderms of the Northern Seas. Leningrad: USSR Academy of Sciences. 166 p. (Key guides to the fauna of the USSR, published by Zoological Institute of the USSR's Academy of Sciences. Iss. 8) (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1938. Echinodermata of the Xiaohu Bay in the Sea of Japan. *Proceedings of the hydrobiological expedition of the Zoological Institute of the Academy of Sciences in 1934 on the Sea of Japan*. Iss. 2. P. 425–498 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1949. Key to echinoderms of the Far Eastern seas (Bering, Okhotsk and Japan). *Izvestiya TINRO (News of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 30. 130 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1952. Echinodermata (Echinodermata) of the Chukchi Sea and the Bering Strait. In: *Extreme North-East of the USSR*. Leningrad: USSR Academy of Sciences. Vol. 2. Fauna and flora of the Chukchi Sea. P. 286–310. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1955. Phylum Echinodermata – Echinoderms. In: *Atlas of invertebrates of the Far Eastern seas of the USSR*. Moscow – Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. P. 203–219 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1958. News of the fauna of echinoderms (Echinodermata) of the south-western coast of Sakhalin based on the collections of the expedition of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences in 1946. *Issledovaniya dalnevostochnikh morej SSSR (Explorations of the Far Eastern Seas of the USSR)*. Iss. 5. P. 260–270 (in Russian).
- Kusakin O.G., Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. et al. 1997. List of species of animals, plants and fungi of the littoral of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Dalnauka Publ. 168 p. (in Russian).
- Smirnov A.V. 2001. List of species of free-living invertebrates of the Eurasian seas and adjacent deep-water parts of the Arctic. *Studies of the fauna of the seas*. Saint Petersburg: ZIN RAS. Vol. 51. Iss. 59. P. 123–124 (in Russian).
- Smirnov A.V. 2013. List of species of free-living invertebrates of the Far Eastern seas of Russia. *Studies of the fauna of the seas*. Saint Petersburg: ZIN RAS. Vol. 75. Iss. 83. P. 191–195 (in Russian).
- Smirnov A.V., Panina E.G., Stepanov V.G. 2022. Starfish (Echinodermata: Asteroidea) of the north-western part of the Bering Sea collected by the TINRO-Center expedition on the vessel “TINRO” in July – August 2008. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Vol. 62. P. 49–73 (in Russian).

- Stepanov V.G., Panina E.G. 2024. Similarity of starfish (Echinodermata: Asteroisdae) fauna of Russian seas. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 69. P. 57–79 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1926. Echinoderms of the White Sea. *Trudy plavuchego morskogo nauchnogo instituta (Proceedings of the Marine Scientific Institute)*. Vol. 2. Iss. 1. P. 3–59 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1928. Echinoderms of the Barents Sea. *Trudy Morskogo nauchnogo instituta (Proceedings of the Marine Scientific Institute)*. Vol. 3. Iss. 4. P. 5–107 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1948. Type Echinodermata – Echinoderms. In: Key to the fauna and flora of the northern seas of the USSR. Moscow: Soviet Science Publ. P. 469–495 (in Russian).
- Yavnov S.V. 2010. Atlas of echinoderms and ascidians of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Russian Island Publ. 176 p. (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Степанов Вадим Георгиевич** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; vgstepanov@inbox.ru. SPIN-код: 7334-3703, Author ID: 214458; Scopus ID: 57196125148.

**Stepanov Vadim Georgievich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; vgstepanov@inbox.ru. SPIN-code: 7334-3703, Author ID: 214458; Scopus ID: 57196125148.

**Панина Елена Григорьевна** – Зоологический институт РАН; 199034, Россия, Санкт-Петербург; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории морских исследований; Elena.Panina@zin.ru. SPIN-код: 5207-4420, Author ID: 949482; Scopus ID: 56600914900.

**Panina Elena Grigorievna** – Zoological Institute of Russian Academy of Sciences; 199034, Russia, St. Petersburg; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Marine Research Laboratory; Elena.Panina@zin.ru. SPIN-code: 5207-4420, Author ID: 949482; Scopus ID: 56600914900.

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 21.10.2024; статья принята к публикации: 13.12.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 21.10.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Степанов В.Г., Панина Е.Г. 2024. Сходство фаун морских ежей (Echinodermata: Echinoidea) морей России. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 28–37. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-28-37>.

For citation: Stepanov V.G., Panina E.G. 2024. Similarity of sea urchin (Echinodermata: Echinoidea) fauna of Russian seas. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 28–37 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-28-37>.

Научная статья

УДК 615.012.6:582.272(265.52)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-38-53

**ВОДНЫЕ ЭКСТРАКТЫ КАМЧАТСКИХ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ  
КАК СТИМУЛЯТОРЫ ФАГОЦИТАРНОЙ ФУНКЦИИ НЕЙТРОФИЛОВ *IN VITRO***Клочкова Н.Г.<sup>1,2</sup>, Перервенко О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

<sup>2</sup> Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4.

<sup>3</sup> Филиал № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь», г. Петропавловск-Камчатский, ул. Аммональная падь, 1.

Обсуждаются данные по количественному содержанию у камчатских бурых водорослей *Alaria esculenta*, *Hedophyllum bongardianum* и *Fucus distichus* разных групп веществ: сухих, минеральных, органических и водорастворимых, а также сведения по содержанию альгиновых кислот, фукоидана, маннита, йода, азотистых и минеральных веществ. Экспериментально доказана возможность использования их водных экстрактов в качестве иммуностимуляторов неспецифической резистентности нейтрофилов. Для проведения экспериментов *in vitro* использовали венозную кровь 35 молодых мужчин путем добавления в ее аликвотированные пробы раствора суточной культуры бактерии штамма ВКПМ В-8172 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, а по истечении получаса – растворов водорослевых экстрактов. Фагоцитоз оценивали по общепринятым показателям: фагоцитарной активности нейтрофилов, фагоцитарному числу, абсолютному фагоцитарному показателю и сумме фагоцитоза. Эксперимент показал, что низкоконцентрированные экстракты водорослей активно праймируют нейтрофилы при разведении 0,5 и особенно 1 и 2%. При этих концентрациях указанные выше показатели увеличивались на 50–80%. Наибольшую иммуномоделирующую активность продемонстрировал экстракт *A. esculenta*, а наименьшую – *F. distichus*.

**Ключевые слова:** бурые водоросли, водные экстракты, праймирование нейтрофилов, фагоцитарная активность, *Alaria esculenta*, *Fucus distichus*, *Hedophyllum bongardianum*.

Original article

**AQUEOUS EXTRACTS FROM KAMCHATKA BROWN SEAWEEDS  
AS STIMULATORS OF PHAGOCYtic FUNCTION OF NEUTROPHILS *IN VITRO***Klochkova N.G.<sup>1,2</sup>, Perervenko O.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

<sup>2</sup> Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Pogranichnaya Str. 4.

<sup>3</sup> Federal State Institution “1477 Naval Clinical Hospital”, Branch № 2, Petropavlovsk-Kamchatsky, Ammonalnaya pad Str. 1.

The data on quantitative content of different groups of substances, including organic and water-soluble, and minerals from Kamchatka brown seaweeds *Alaria esculenta*, *Hedophyllum bongardianum* and *Fucus distichus* are discussed, as well as the information on the content of alginic acids, fucoidan, mannitol, iodine,

nitrogenous and mineral substances. The possibility of using the aqueous extracts from these seaweeds as immunostimulants of non-specific resistance of neutrophils was experimentally proven. For *in vitro* experiments, we used venous blood of 35 young men, adding the aliquoted samples of daily bacterium culture to it (strain VKPM B-8172 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923), and then solutions of seaweed extracts after 30 min. We estimated phagocytosis using generally accepted indices: phagocytic activity of neutrophils, phagocytic number, absolute phagocytic index and sum of phagocytosis. Our experimental data showed that low-concentrations of seaweed extracts actively primed neutrophils when diluted to 0.5 and especially to 1 and 2%. At these concentrations, the above indices increased by 50–80%. The highest immunomodulatory activity was demonstrated by *A. esculenta* extract and the lowest by *F. distichus* extract.

**Key words:** brown seaweeds, aqueous extracts, neutrophil priming, phagocytic activity, *Alaria esculenta*, *Fucus distichus*, *Hedophyllum bongardianum*.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране и за рубежом активно изучается медико-биологическая ценность соединений из морских водорослей-макрофитов, особенно принадлежащих порядкам Laminariales и Fucales, поскольку они синтезируют такие уникальные по структуре и фармакологическому воздействию химические соединения, как фукоидан, флоротанины, альгинаты, ламинаран, маннит и др. Их благотворное воздействие на организм подтверждено многочисленными лабораторными и клиническими исследованиями, направленными на определение их антикоагулянтной, противоопухолевой цитостатической, антивирусной, антибактериальной, сорбционной, радиопротекторной, иммуномодулирующей и другой активности [Фукоиданы ..., 2014; Kadam et al., 2015; Erpel et al., 2020]. Так, известно, что фукоиданы ингибируют межклеточные комплементарные лектин-углеводные связи и противодействуют воспалительным процессам, вызываемым патогенными организмами [Беседнова и др., 2015], воздействуют на систему врожденного иммунитета, способствуя созреванию дендритных клеток, стимулируя деятельность моноцитов/макрофагов и НК-клеток, нейтрофилов и усили-

вая у последних фагоцитарную активность [Макаренкова и др., 2014; Анисимова и др., 2015; Андрюков и др., 2017].

Прикамчатские воды характеризуются высоким разнообразием бурых водорослей, в том числе ламинариевых и фукуса двураздельного, которые еще не использовались в медико-биологических исследованиях. Настоящая статья восполняет этот пробел. В ней обсуждаются результаты экспериментов, направленных на изучение ответных реакций нейтрофилов на праймирующее воздействие водных экстрактов *Alaria esculenta* (Linnaeus) Greville и *Hedophyllum bongardianum* (Postels et Ruprecht) Yendo (порядок Laminariales) и *Fucus distichus* Linnaeus (порядок Fucales). Эксперименты *in vitro*, проведенные авторами с целью определения перспектив практического использования этих видов в пищевой промышленности и медицине, позволили определить, какой из них оказывает наилучший иммуностимулирующий эффект и при какой дозе воздействия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для праймирования нейтрофилов использовали водные экстракты из двухлетних фертильных образцов *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus*, собранных

в Авачинском заливе (Юго-Восточная Камчатка). Для получения экстрактов у *A. esculenta* использовали пластины и спорофиллы, у *H. bongardianum* – пластины, у *F. distichus* для экстракции брали только апикальные и субапикальные ветви. Сырая масса каждого вида составляла 500 г. Отобранные водоросли измельчали до получения частиц 2–2,5 мм в поперечнике, заливали деионизированной дистиллированной водой в соотношении 1 : 2 и помещали в термостат на 36 ч при 40°C.

Плотность экстрактов контролировали ареометром, после ее стабилизации их отстаивали в течение 16 ч при 4°C, затем центрифугированную жидкость фильтровали и до проведения экспериментов хранили в холодильнике при 4°C. Содержание водорастворимых веществ определяли гравиметрическим методом [ПНДФ 14.1:2.114–97], используя водяную баню Stegler ТБ-6А (Китай). Разбавляя экстракты дистиллированной водой, получали низкоконцентрированные праймирующие растворы (НПР), равные 0,25; 0,5; 1; 2 и 5%. Для определения содержания у использованных водорослей общего количества сухих, органических и минеральных веществ использовали 500 г сырых водорослей того же сбора. Анализ вели в соответствии с ГОСТ 33331-2015. Для получения золы использовали микроволновую муфельную печь Milestone PYRO TC (Milestone, США).

Для изучения иммуномодулирующего эффекта использовали венозную кровь 35 мужчин молодого возраста, проходивших плановое обследование здоровья перед поступлением на контрактную службу. Отбор у них гематологической среды для эксперимента производили дважды – в начале и через 180 дней. Кровь каждого аликвотировали по 250 мкл в пробирки типа эппендорф. В две из них (контрольные пробы) добавили по 2,5 мкл физраствора, в осталь-

ные – по 2,5 мкл НПР экстрактов разной концентрации из разных видов водорослей. После этого пробы крови 30 мин шейкировали в термостате при температуре 37°C. Затем в каждую из них добавляли по 125 мкл раствора суточной культуры бактерии штамма ВКПМ В-8172 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, соответствующей бактериальному стандарту мутности  $1 \cdot 10^8$  КОЕ/мл по McFarland, изготовленному Государственным НИИ стандартизации и контроля медицинских и биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича.

После повторного шейкирования проб крови в течение 30 мин при 37°C из каждой пробирки брали материал для изготовления двух гематологических препаратов и окрашивали их по методу Романовского – Гимзы. Для изучения активности фагоцитоза и микрофотографирования нейтрофилов использовали микроскопы Leica (LEICA Microsystems, Германия) и Olympus BX53 с цифровой камерой Olympus DP73 (Olympus Corp., Япония) с объективами Plan100x/1,25 Oil. Изучение препаратов завершали после нахождения в каждом из них 100 нейтрофилов и определения в них количества поглощенных бактерий.

Активность фагоцитоза оценивали по показателям ФАН (фагоцитарная активность нейтрофилов), ФЧ (фагоцитарное число), АФП (абсолютной фагоцитарный показатель) и СФ (сумма фагоцитоза). Первый соответствовал относительному количеству среди изученных нейтрофилов клеток, содержащих внутри себя бактерии, второй – среднему количеству поглощенных бактерий, третий характеризовал работу лейкоцитарного звена [Меньшиков, 1987; Коваленко и др., 1988], последний позволял судить о степени равномерности активации нейтрофилов [Перервенко, Клочкова, 2023].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение количественного содержания у использованных для получения экстрактов видов водорослей минеральных, органических и водорастворимых веществ показало, что в одно и то же время в одинаковых условиях произрастания оно у них достаточно разное. Из таблицы 1 видно, что наибольшую обводненность экстрагируемого сырья (81,6% от сырой массы водорослей) имела *A. esculenta*, наименьшую – *F. distichus*. Общее содержание у них сухих веществ изменялось в обратном порядке. При одинаковых гидромодуле и сырой массе экстрагированного сырья объем экстрактов оказался также разным. Наибольшим он был у *H. bongardianum*, наименьшим – у *F. distichus*. Плот-

ность экстрактов при этом различалась лишь сотыми долями грамма в миллилитре.

Количественное соотношение органических и минеральных веществ у *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus* также было разным – 2,6; 1,6 и 4,7 соответственно. Минеральных веществ более всего имел *H. bongardianum*, органических – *F. distichus* (табл. 2). Относительное содержание минеральных соединений в общей массе сухого вещества у хедофиллум превышало таковое у *A. esculenta* на 11%, а у *F. distichus* – на 22%. Отметим, что при наименьшем содержании у *A. esculenta* сухого вещества содержание в нем водорастворимых соединений составило почти 7%, у остальных видов их было меньше, только 3,2% от сухой массы у *H. bongardianum* и 3,4% у *F. distichus*.

Таблица 1. Содержание у камчатских бурых водорослей, использованных для получения водных экстрактов, воды и сухих веществ. Объем полученных из них экстрактов

Table 1. Content of water and dry substances from Kamchatka brown seaweeds used for preparations of aqueous extracts and extracts volume

Вид	Сырая масса, г	Содержание воды в сырой массе, г	Общая сухая масса, г	Объем полученного экстракта, мл	Плотность экстракта, г/мл
<i>Alaria esculenta</i>	500	463,93	36,07	800	0,996
<i>Hedophyllum bongardianum</i>	500	430,08	69,92	900	0,971
<i>Fucus distichus</i>	500	408	92	750	1,026

Таблица 2. Состав сухих веществ камчатских бурых водорослей, использованных для получения водных экстрактов, и плотность полученных из них экстрактов

Table 2. Content of dry substances from Kamchatka brown seaweeds used for preparations of aqueous extracts and extracts density

Содержание отдельных групп веществ	<i>Alaria esculenta</i>	<i>Hedophyllum bongardianum</i>	<i>Fucus distichus</i>
Минеральные, г	10,11	27,2	16
Органические, г	25,96	42,7	76
Водорастворимые, г	2,52	2,22	2,82
Относительное (%) содержание минеральных веществ в общем сухом веществе	28	39	17
Относительное (%) содержание органических веществ в общем сухом веществе	72	61	83
Относительное (%) содержание водорастворимых веществ в общем сухом веществе	7	3,2	3,4
Плотность экстракта, г/мл	0,996	0,971	1,026

Анализ состава водорослевого сырья, использованного для получения экстрактов, их объемов и плотности свидетельствует о том, что наименьшее содержание водорастворимых соединений имел *F. distichus*, вероятно, из-за большого количества у него гидрофильных полисахаридов альгиновой природы, способных к связыванию воды и гелеобразованию. Скорее всего, поступлением в экстракт их низкомолекулярных фракций объясняется и меньший его объем и самая высокая плотность (см. табл. 1). Несмотря на мизерное содержание водорастворимых веществ в НПР, разведенных до 0,25; 0,5; 1; 2 и 5%, эффективность их иммуномодулирующего воздействия оказалась достаточно заметной.

Группа мужчин, привлеченных к эксперименту по стимуляции фагоцитарной активности нейтрофилов водорослевыми экстрактами из камчатских бурых водорослей, представляла собой достаточно однородную по возрасту выборку лиц, 20–24 лет, имеющих удовлетворительное состояние здоровья. Изучение гематологических препаратов из контрольных и праймированных проб показало, что фагоцитарная активность нейтрофилов в условиях *in vitro* заметно усиливается при воздействии на них НПР с концентрациями 0,5; 1 и 2%. Концентрация 0,25% не оказывала на них заметного стимулирующего воздействия, а использование для праймирования 5%-ного НПР приводило к подавлению фагоцитоза, изменению формы нейтрофилов и уменьшению их размеров. Поверхность нейтрофильных клеток при этом становилась бугорчатой, окрашивались они более интенсивно, и количество захваченных ими бактерий резко уменьшалось по сравнению с таковым в контрольных пробах. Тот же эффект был обнаружен при изучении препаратов праймированной крови и после добавлении

в нее НПР экстрактов других видов водорослей с такими же концентрациями – 0,25 и 5%. В связи с этим результаты, полученные при их воздействии на нейтрофилы, далее не обсуждаются.

Отметим также, что праймирование нейтрофилов экстрактами *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus* стимулировало только внутриклеточное поглощение ими бактерий (см. рисунок) и не вызывало их внеклеточную инактивацию посредством формирования нейтрофильных ловушек и дегрануляции, как мы наблюдали это при добавлении в аликвотированные пробы крови НПР экстрактов из других видов камчатских ламинариевых водорослей – *Arthrothamnus bifidus* (Gmelin) J. Agardh и *Laminaria repens* (Ruprecht) Klimova, Т. Klochkova, N. Klochkova [Перервенко, Клочкова, 2023].

Об изменениях показателей неспецифической резистентности нейтрофилов НПР, полученных из экстракта *A. esculenta*, можно судить по результатам экспериментов с его использованием (см. табл. 3). Анализируя представленные в ней данные, прежде всего, отметим их существенные различия в контроле на разных его этапах. Из таблицы 3 также видно, что на втором этапе эксперимента ФАН возросла почти на 20%, ФЧ и СФ – на 9%, АПФ – на 3% и, что самое заметное, влияние на все показатели неспецифической резистентности нейтрофилов под воздействием экстракта из *A. esculenta* оказал НПР с концентрацией 2%, хотя на первом этапе эксперимента ФАН более высоким был при использовании НПР с концентрацией 1%.

Более высокий праймирующий эффект на втором этапе свидетельствует о том, что действие НПР водорослевого экстракта ярче проявилось в период более сильного физиологического напряжения у участников эксперимента, сдавших кровь после

затяжного зимне-весеннего периода. 180 дней, прошедших с момента ее первого забора, пришлось на теплую половину года, и это, безусловно, положительно отразилось на общем состоянии участников эксперимента и неспецифической резистентности нейтрофилов.

Добавление в кровь НПР экстракта из *H. bongardianum* привело к близким результатам (табл. 4). Отклик нейтрофилов на праймирующее воздействие был, как и в случае с *A. esculenta*, более высоким на первом этапе эксперимента и на обоих его этапах более эффективным оказалось воздействие НПР с концентрацией 2%. Оно увеличило ФАН почти в два раза, ФЧ – на 2,4 ед., СФ – на 56,3 ед. АПФ – более чем в два раза. В случае использования НПР экстракта *H. bongardianum* с концентрацией 0,5% показатели неспецифической резистентности нейтрофилов были выше, чем при использовании такого же НПР из экстракта *A. esculenta*. Это говорит о более широком диапазоне концентраций водорастворимых веществ из *H. bongardianum*, активирующих нейтрофильный фагоцитоз. Оценивая воздействие на фагоцитоз химических соединений, экстрагированных из *H. bongardianum*, отметим, что различия

между показателями неспецифической резистентности на первом и втором этапах эксперимента были меньшими, чем у *A. esculenta*. Это хорошо видно при сравнении данных таблиц 3 и 4.

Результаты эксперимента с использованием НПР экстракта из *F. distichus* приведены в таблице 5. Они свидетельствуют о том, что его разбавление до 0,5; 1 и 2% стимулирует фагоцитоз хуже, чем те же концентрации НПР экстрактов из других изученных нами видов бурых водорослей, а также о том, что у фукуса, как и у алярии и хедофиллума, наиболее активно стимулирует фагоцитоз концентрация НПР 2%.

Не зная состава и количественного содержания в водных экстрактах тех или иных водорастворимых веществ, трудно судить о том, какие биомолекулы и тем более какие их сочетания активируют фагоцитарную функцию нейтрофилов. Косвенно об этом можно судить по результатам анализа накопленной к настоящему времени информации по содержанию у камчатских представителей *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus* химических соединений, оказывающих на организм активное фармакологическое воздействие. Оно приведено в таблице 6.

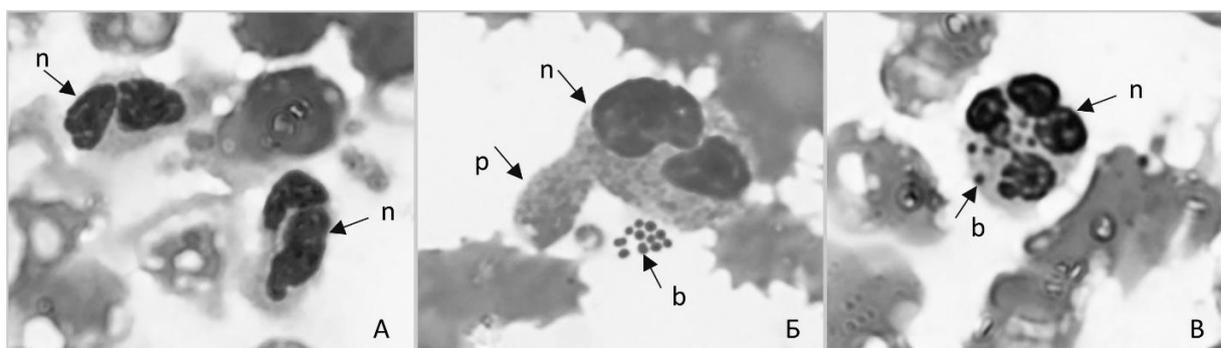


Рис. Разное функциональное состояние нейтрофилов: без поглощенных бактерий (А), с псевдоподией для их захвата (Б), с поглощенными бактериями (В). Стрелками обозначены нейтрофилы (n), бактерии (b), псевдоподия нейтрофильного лейкоцита (p)

Fig. Different functional states of neutrophils: without engulfed bacteria (A), with pseudopodia for bacteria capture (B), with engulfed bacteria (B). Arrows indicate neutrophils (n), bacteria (b), and pseudopodia of a neutrophilic leukocyte (p)

Таблица 3. Влияние низкоконцентрированных праймирующих растворов водного экстракта *Alaria esculents* на неспецифическую резистентность нейтрофилов на разных этапах эксперимента *in vitro*

Table 3. The effect of low-concentration priming solutions of *Alaria esculents* aqueous extracts on non-specific resistance of neutrophils at different stages of the experiment *in vitro*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели неспецифической резистентности на первом этапе эксперимента					
2%	1/50	79,3 ± 7,9	7,8 ± 0,6	137,8 ± 11,3	259,3 ± 23,5
1%	1/100	82,6 ± 8,1	7,3 ± 0,7	125,6 ± 10,7	197,6 ± 18,3
0,5%	1/200	45,9 ± 4,0	5,5 ± 0,5	95,7 ± 8,8	102,9 ± 8,1
Физраствор (контроль)		41,5 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели неспецифической резистентности на втором этапе эксперимента через 180 дней					
2%	1/50	83,2 ± 6,9	7,7 ± 0,7	136,4 ± 11,9	248,5 ± 23,6
1%	1/100	78,8 ± 7,3	6,9 ± 0,6	128,7 ± 12,3	191,3 ± 19,0
0,5%	1/200	47,3 ± 4,5	5,8 ± 0,5	99,1 ± 9,2	117,2 ± 9,9
Физраствор (контроль)		51,2 ± 5,1	5,1 ± 0,5	78,2 ± 7,1	100,9 ± 10,1

Таблица 4. Влияние низкоконцентрированных праймирующих растворов водного экстракта *Hedophyllum bongardianum* на неспецифическую резистентность нейтрофилов на разных этапах эксперимента *in vitro*

Table 4. The effect of low-concentration priming solutions of *Hedophyllum bongardianum* aqueous extracts on non-specific resistance of neutrophils at different stages of the experiment *in vitro*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели неспецифической резистентности на первом этапе эксперимента					
2%	1/50	78,3 ± 7,1	7,0 ± 0,7	127,8 ± 11,9	235,8 ± 22,9
1%	1/100	65,9 ± 6,2	6,5 ± 0,5	111,3 ± 9,8	191,6 ± 18,6
0,5%	1/200	58,8 ± 5,8	5,8 ± 0,5	102,9 ± 8,5	156,5 ± 14,8
Физраствор (контроль)		41,7 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели неспецифической резистентности на втором этапе эксперимента через 180 дней					
2%	1/50	78,1 ± 7,4	6,9 ± 0,6	122,4 ± 11,1	239,1 ± 22,6
1%	1/100	67,4 ± 6,3	6,6 ± 0,6	113,8 ± 9,2	193,7 ± 19,4
0,5%	1/200	56,8 ± 5,1	5,7 ± 0,5	99,6 ± 9,4	152,8 ± 15,1
Физраствор (контроль)		51,2 ± 5,1	5,1 ± 0,5	78,2 ± 7,1	100,9 ± 10,1

Таблица 5. Влияние низкоконцентрированных праймирующих растворов водного экстракта *Fucus distichus* на неспецифическую резистентность нейтрофилов на разных этапах эксперимента *in vitro*

Table 5. The effect of low-concentration priming solutions of *Fucus distichus* aqueous extracts on non-specific resistance of neutrophils at different stages of the experiment *in vitro*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели неспецифической резистентности на первом этапе эксперимента					
2%	1/50	77,9 ± 7,9	6,1 ± 0,5	123,5 ± 12,0	229,7 ± 23,0
1%	1/100	65,2 ± 4,4	5,9 ± 0,6	112,4 ± 10,7	148,2 ± 13,5
0,5%	1/200	61,1 ± 5,1	5,2 ± 0,5	92,2 ± 9,1	122,8 ± 11,0
Физраствор (контроль)		41,5 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели неспецифической резистентности на втором этапе эксперимента через 180 дней					
2%	1/50	78,7 ± 7,2	6,1 ± 0,6	128,7 ± 12,1	234,1 ± 17,3
1%	1/100	67,4 ± 6,0	5,5 ± 0,6	108,5 ± 10,2	139,8 ± 13,7
0,5%	1/200	58,6 ± 5,5	5,1 ± 0,5	98,3 ± 8,9	117,5 ± 10,5
Физраствор (контроль)		51,2 ± 5,1	5,1 ± 0,5	78,2 ± 7,1	100,9 ± 10,1

Таблица 6. Химический состав камчатских бурых водорослей, % от сухого вещества (по литературным данным)

Table 6. Chemical composition of Kamchatka brown seaweeds, % of dry substances (according to reference data)

Публикация	Альгиновые кислоты	Фукоидан	Маннит	Минеральные вещества	Йод	Азотистые вещества N×6,25/ белок
<i>Alaria esculenta</i> *						
Усов, Клочкова, 1994			4,6–17,8			
Аминина и др., 2007				30,1 ± 0,4		
Аминина, Гурулева, 2012	26,6–30,9	2,1–2,72	4,3–5,4	19,0–22,7		7,7–9,4/ -
Гурулева, Аминина, 2013		0,9				
Конева, Аминина, 2013	38,6–49,2	0,12–6,76**	1,5–8,25***	10,6–17,0	0,06–0,02	
Аминина, 2015	30 ± 3,5		10,5 ± 2,9	25,9 ± 3,1	0,07 ± 0,03	- /10 ± 2,2
Билан и др., 2018	49,90	6,76				
<i>Hedophyllum bongardianum</i>						
Усов, Клочкова, 1994			7,5–13,1			
Усов и др., 2001	28,7–29,8	1,0–1,1				
Усов и др., 2002	27,4–29,7	1,6–4,7	11,6–13,0			
Аминина, Клочкова, 2002	33–38,2	-	11,4–15,0	30,1–35,6	0,1–0,25	
Гурулева, 2006		1,1–6,8				
Кальченко и др., 2008	19,27–27,65	2,7–5,7	4,63–14,41	15,92–31,62	0,01–0,1	- /10,0
Аминина, Гурулева, 2012	21,77–31,7	1,22–1,24	10,14–12,29	18,06--28,92		- /10,44–15,95
Гурулева, Аминина, 2013		2,7				
Конева, Клочкова, 2013	16,6–43,1	2,7–5,7		10,32– 32,1		
Гурулева, Аминина, 2013		1,8–6,8				
<i>Fucus distichus</i>						
Подкорытова и др., 2020	Общее содержание углеводов – 70,65			20,48	0,02	8,87/ -
Гурулева, 2006		6,9				
Гурулева, Аминина, 2013		6,9				
Облучинская, 2008	23,58 ± 2,4	14,67 ± 2,24	12,75 ± 2,4	25,13 ± 0,7	0,06 ± 0,03	2,77 ± 0,05/ -

\* Этот и остальные виды в цитируемых в таблице публикациях приводились под иными, упомянутыми выше названиями

\*\* Минимальное содержание фукоидана соответствует таковому в жилке, максимальное – в фертильных спорофиллах

\*\*\* Минимальное содержание маннита соответствует таковому в стерильных спорофиллах, максимальное – в жилке

\* In references cited in this table, this and other species were reported under different names

\*\* The minimal content of fucoidan was recorded from the midrib, and the maximal – from the fertile sporophylls

\*\*\* The minimal content of mannitol was recorded from the fertile sporophylls, and the maximal – from the midrib

Прежде обсуждения представленных в ней данных отметим, что указанные в этой таблице виды в процитированных статьях приводились под иными названиями. Образцы *A. esculenta* в российских водах Дальнего Востока до публикации работ Т.А. Клочковой с соавторами [2019] и А.В. Климовой и Т.А. Клочковой [2021] на основании таксономической ревизии рода *Alaria* в морях российского Дальнего Востока [Петров, 1973] указывались как *A. marginata* и *A. angusta*. Их принадлежность к *A. esculenta* была установлена на основе молекулярно-генетического, цитологического и кариологического изучения образцов, собранных у Камчатки, материкового побережья Берингова и Охотского морей. Вид *H. bongardianum* до проведения молекулярно-генетических исследований [Starko et al., 2019], окончательно определивших его родовую принадлежность, прежде был известен как *Laminaria* или *Saccharina bongardiana*, а *F. distichus* до последних лет в дальневосточной альгофлоре указывался как *F. evanescens*.

Анализ приведенных в таблице 6 данных, показывает, что химический состав обсуждаемых видов подвержен значительным колебаниям, связанным с различиями возраста, зрелости и условий произрастания проанализированных образцов. Он показывает, что наибольшее содержание альгиновых кислот (49,9% от сухого вещества) и маннита (17,8% от сухого вещества) характерно для *A. esculenta*, что минеральными веществами (35,6% от сухого вещества) и белком (15,95% от сухого вещества) наиболее богат *H. bongardianum*. Йода у него почти в 3,5–4 раза больше, чем у *A. esculenta*.

Публикации по химическому составу камчатских представителей *F. distichus* отсутствуют, поэтому для его сравнения с таковым у *H. bongardianum* и *A. esculenta* были использованы сведения, полученные

при изучении его баренцевоморских представителей [Облучинская, 2008]. Им свойственно высокое накопление фукоидана (14,67% от сухой массы). Альгиновых кислот, маннита и йода у *F. distichus* меньше, чем *A. esculenta* и *H. bongardianum*.

Химический состав водорастворимых веществ в экстрагированном сырье нами не изучался. Однако из работы Е.Д. Облучинской [2018] известно, что у *F. distichus* основную часть в сухих экстрактах составляют фукоиданы: 50–57 г/100 г их общей массы. Это 73–80% от их содержания в составе экстрагированного сырья. Второй по количественному содержанию группой водорастворимых веществ являются полифенолы. Их количество в 100 г сухого экстракта достигает 27–33 г. Это 93–97% от их содержания в сухом веществе экстрагированного сырья. Третьей по количественному содержанию в сухом экстракте группой веществ у *F. distichus* является альгиновая кислота, хотя ее у него на порядок меньше (1,8–3,5 г/100 г), чем в сухом веществе в сырье, подвергнутому экстракции. В составе сухих экстрактов фукуса Е.Д. Облучинская [2018] обнаружила также свободные аминокислоты в количестве 17,3–17,8 мг/100 г и 0,6–1,0 мг/100 г аскорбиновой кислоты.

Из литературных данных известно, что кроме аскорбиновой кислоты камчатский *F. distichus* содержит и такие водорастворимые витамины, как тиамин (0,001 мг/100 г сухой массы), рибофлавин (0,0003 мг/100 г сухой массы) и никотиновую кислоту (1,05 мг/100 г сухой массы) [Алфимов, Петров, 1972]. Из работы процитированных выше авторов также видно, что у *A. esculenta* и *H. bongardianum* этих витаминов намного больше, чем у фукуса: тиамина в 25 раз, рибофлавина почти на порядок – 0,002 мг/100 г, а никотиновой кислоты в десятки раз.

Полифенолы фукусовых и ламинариевых водорослей по характеру присоединения к углеводороду гидроксильной и ароматической групп делятся на несколько классов. У ламинариевых это флоретолы и эколы, у фукусовых – фуколы и фукофлоретолы (флоротаннины) [Аминина и др., 2020]. Последние встречаются только у бурых водорослей и активно проявляют антиоксидантные, антимикробные, антипролиферативные, радиозащитные и противовирусные свойства [Chojnacka et al., 2012].

Исследование Н.М. Амининой с соавторами [2020] показало, что в водных экстрактах *H. bongardianum* содержание полифенолов достигает  $(0,082 \pm 0,002)$  мг/л, а флоротанинов –  $(0,967 \pm 0,208)$  мг/л. У *F. distichus* оно иное –  $(0,422 \pm 0,022)$  и  $(17,45 \pm 1,061)$  мг/л соответственно. У *A. esculenta* (= *A. angusta*) полифенолы составляют  $(0,093 \pm 0,004)$  мг/л, а флоротаннины отсутствуют. М.Е. Викре с соавторами [Wekre et al., 2023] показали, что большинство обнаруженных у *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie водорастворимых соединений идентифицируются как флоротаннины и фенолы, состоящие из фенольных кислот с низкой молекулярной массой: салициловой, вератровой, 5-карбоксиванилиновой, синапиновой, 5-сульфосалициловой, 4-сульфатванилиновой и 3-сульфат дигидрокофеиновой. Кроме полифенолов ламинариевые и фукусовые содержат стерины или стероидные спирты. Основным из них является фукостерин. Его содержание в стерольной фракции *F. distichus* может достигать 78%.

В мизерных количествах у бурых водорослей синтезируются такие гормоноподобные соединения, как ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, бетаин и полиамины и промежуточные продукты их биосинтеза [Chojnacka et al., 2012]. В своем большинстве они пред-

ставляют собой слабые органические кислоты, которые регулируют и координируют у растительных организмов молекулярные и цитологические процессы.

Полагаем, что фагоцитарную активность нейтрофилов стимулировало сочетанное действие разных из указанных выше водорастворимых веществ. Чтобы ответить на вопрос о том, какие из них конкретно и в каком сочетании оказали на фагоцитоз наибольшее влияние, необходимы специальные эксперименты. Вместе с тем проведенное исследование свидетельствует о высокой биологической активности водорастворимых соединений, содержащихся у камчатских бурых водорослей *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus*, и отчетливо показывает, что стимуляция фагоцитарной деятельности нейтрофилов осуществляется в очень узком диапазоне их концентраций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами данные по содержанию у камчатских представителей *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus* сухих, минеральных, органических и водорастворимых соединений интересны не только с точки зрения оценки полученных нами водных экстрактов водорослей, но также для понимания развития морских водорослей, накопления ими химических веществ. Они, кроме того, могут быть полезными для изучения вопросов, касающихся экологии прибрежных сообществ, содержания в морских прибрежных водах растворенных веществ водорослевого происхождения, их круговорота и других вопросов продуктивности и трофики океана. Результаты экспериментов по изучению воздействия на функциональную деятельность нейтрофилов водорастворимых веществ видов водорослей, вовлеченных в проведенные нами

эксперименты, показали их наибольшую активность экстракта *A. esculenta*, особенно при его разведении до концентрации 1–2%.

Все представленные в статье данные были получены в экспериментах *in vitro*. Для понимания молекулярного и цитологического механизмов активации фагоцитоза у нейтрофилов *in vivo* необходимо продолжение исследований на более глубоком физиолого-биохимическом уровне. Исходя из полученных данных, определенно можно говорить о том, что протестированные нами виды камчатских бурых водорослей перспективны для вовлечения их в медико-биологические исследования и практического использования для получения БАВ, стимулирующих нейтрофильный фагоцитоз.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают большую благодарность командиру филиала № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь», ныне заместителю начальника медицинской службы ТОФ Д.В. Локтионову, а также заведующей лабораторным отделением госпиталя к.м.н. Х.М. Меджидовой, способствовавшим проведению экспериментов.

### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

### ЛИТЕРАТУРА

Алфимов Н.Н. Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова). *Ботанический журнал*. Т. 57. № 6. С. 697–700.

Аминина Н.М. 2015. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока. *Известия ТИНРО*. Т. 182. С. 258–268.

Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Караулова Е.Н. и др. 2020. Перспективы использования промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей дальневосточных морей в качестве источника полифенолов. *Биология моря*. Т. 46. № 1. С. 37–44.

Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Гурулева О.Н. и др. 2007. Состав и возможности использования бурых водорослей дальневосточных морей. *Вестник ДВО РАН*. № 7. С. 123–130.

Аминина Н.М., Гурулева О.Н. 2012. Химический состав бурых водорослей Авачинского залива (побережье п-ова Камчатка). *Вопросы современной альгологии. Материалы международной конференции «Экологическая физиология водных фототрофов»*. Т. 1. С. 18–24. URL: <http://algology.ru/149>.

Аминина Н.М., Клочкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России*. № 1. С. 54–56.

Андрюков Б.Г., Сомова Л.М., Дробот Е.И. и др. 2017. Защитные стратегии нейтрофильных гранулоцитов от патогенных бактерий. *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. Т. 1. № 68. С. 4–18.

Анисимова Н.Ю., Устюжанина Н.Е., Доненко Ф.В. 2015. Влияние фукоиданов на противоопухолевую и фагоцитарную активность лейкоцитов крови человека. *Биохимия*. Т. 80. Вып. 7. С. 1099–1108.

Беседнова Н.Н., Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С. и др. 2015. Морские бурые водоросли – источник новых фармацевтических субстанций антибактериаль-

- ной направленности. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 60. № 3–4. С. 31–41.
- Билан М.И., Клочкова Н.Г., Шашков А.С., Усов А.И. 2018. Полисахариды водорослей. Сообщение 71\*. Полисахариды тихоокеанской бурой водоросли *Alaria marginata*. *Известия Академии Наук. Серия химическая*. Т. 67. № 1. С. 137–143.
- ГОСТ 33331-2015. 2019. Водоросли, травы морские и продукция из них. Методы определения массовой доли воды, золы и посторонних примесей. Москва: Стандартинформ. 11 с.
- Гурулева О.Н. 2006. Обоснование технологии фукоидана при комплексной переработке бурых водорослей дальневосточных морей. *Автореферат дис. ... канд. техн. наук*. Владивосток. 26 с.
- Гурулева О.Н., Аминина Н.М. 2013. Исследование содержания фукоидана в бурых водорослях дальневосточного региона. *Известия ТИНРО*. Т. 172. С. 265–273.
- Кальченко Е.И., Аминина Н.М., Гурулева О.Н. и др. 2008. Химический состав *Laminaria bongardiana* из Авачинского залива. *Известия ТИНРО*. Т. 155. С. 347–354.
- Климова А.В., Клочкова Т.А. 2021. Цитологические и кариологические особенности камчатских представителей рода *Alaria* (Laminariales, Phaeophyceae). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 58. С. 71–86.
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 50. С. 46–56.
- Коваленко П.П., Лымарь Н.П., Коваленко А.П. 1988. Экспресс-способ подбора антибиотиков при гнойной инфекции. Ростов: Проф-Пресс. 48 с.
- Конева А.А., Аминина Н.М. 2013. Химический состав различных частей слоевища *Alaria marginata* P. et R. (Laminariales, Phaeophyta). *Известия ТИНРО*. Т. 175. С. 333–338.
- Конева А.А., Клочкова Н.Г. 2013. Сезонная динамика общего химического состава у *Saccharina bongardiana* (Laminariales, Phaeophyta), произрастающей в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка). *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 30. С. 82–88.
- Макаренкова И.Д., Запорожец Т.С., Беседнова Н.Н. 2014. Сульфатированные полисахариды бурых водорослей – агонисты функций врожденного иммунитета с. 187–216. В кн.: Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура, ферментативная трансформация и биологические свойства. *Монография*. Владивосток: Дальнаука. 380 с.
- Меньшиков В.В. 1987. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник. Москва: Академия. 368 с.
- Облучинская Е.Д. 2008. Сравнительное исследование бурых водорослей Баренцева моря. *Прикладная биохимия и микробиология*. Т. 44. № 3. С. 337–342.
- Облучинская Е.Д. 2018. Антиоксидантные комплексные экстракт из фукусовых водорослей Баренцева моря. *Вестник Мурманского государственного технического университета*. Т. 21. № 3. С. 495–401.
- Перервенко О.В., Клочкова Н.Г. 2023. Модуляция фагоцитарной активности нейтрофилов водными экстрактами *Arthrothamnus bifidus* и *Laminaria repens* (Laminariales, Ochrophyta). *Известия КГТУ*. № 71. С. 67–74.

- Петров Ю.Е. 1973. Род *Alaria* в морях СССР. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 49–59.
- ПНДФ 14.1:2.114–97. 2004. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого остатка в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации. 12 с.
- Подкорытова А.В., Рощина А.Н., Евсева Н.В. и др. 2020. Бурые водоросли порядков Laminariales и Fucales Сахалино-Курильского региона: запасы, добыча, использование. *Труды ВНИРО*. Т. 181. С. 235–256.
- Усов А.И., Клочкова Н.Г. 1994. Бурые водоросли Камчатки как источник маннита. *Биоорганическая химия*. Т. 20. № 11. С. 1236–1241.
- Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г. 2001. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки. *Биоорганическая химия*. Т. 27. № 6. С. 444–448.
- Усов А.И., Смирнова Г.П., Огородников В.С. и др. 2002. Распространение, запасы и химический состав некоторых видов бурых водорослей Северных Курил. *Материалы I международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки»*. Москва: ВНИРО. С. 225–229.
- Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура, ферментативная трансформация и биологические свойства. *Монография*. 2014. Владивосток: Дальнаука. 380 с.
- Chojnacka K., Saeid A., Witkowska Z. et al. 2012. Biologically active compounds in seaweed extracts – the prospects for the application. *Open Conference Proceedings Journal*. № 3. 20–28.
- Erpel F., Mateos R., Peres-Kimenez J. et al. 2020. Phlorotannins: from isolation and structural characterization, to the evaluation of their antidiabetic and anticancer potential. *Food Research International*. Iss. 137. P. 109–139.
- Kadam S.U., O'Donnell C.P., Rai D.K. et al. 2015. Laminarin from Irish brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria hyperborea*: ultrasound assisted extraction, characterization and bioactivity. *Marine Drugs*. Vol. 13. P. 4270–4280.
- Starko S., Soto Gomez M., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Iss. 136. P. 138–150.
- Wekre M.E., Holmelid B., Underhaug J. et al. 2023. Characterization of high value products in the side-stream of *Laminaria hyperborea* alginate production – targeting the phenolic content. *Algal Research*. Vol. 72. P. 103–109.

## REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On biological and biochemical features of some laminariaceous and fucus algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskii Zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700 (in Russian).
- Aminina N.M. 2015. Comparative characteristics of brown algae of the coastal zone of the Far East. *Izvestiya TINRO (News of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 182. P. 258–268 (in Russian).
- Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Karaulova E.N. et al. 2020. Prospects for the use of commercial and potentially commercial brown algae of the Far Eastern seas as a source of polyphenols.

- nols. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 46. № 1. P. 37–44 (in Russian).
- Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Guruleva O.N. et al. 2007. Composition and possibilities of using brown algae of the Far Eastern seas. *Vestnik DVO RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. № 7. P. 123–130 (in Russian).
- Aminina N.M., Guruleva O.N. 2012. Chemical composition of brown algae of Avacha Bay (Kamchatka Peninsula coast). *Issues of Modern Algology. Proceedings of the international conference "Ecological physiology of aquatic phototrophs"*. Vol. 1. P. 18–24. URL: <http://algology.ru/149> (in Russian).
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing production on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Fisheries of Russia)*. № 1. P. 54–56 (in Russian).
- Andryukov B.G., Somov L.M., Drobot E.I. et al. 2017. Protective strategies of neutrophilic granulocytes against pathogenic bacteria. *Zdorov'ye. Meditsinskaya ekologiya. Nauka (Health. Medical Ecology. Science)*. Vol. 1. № 68. P. 4–18 (in Russian).
- Anisimova N.Yu., Ustyuzhanina N.E., Donenko F.V. 2015. Effect of fucoidans on antitumor and phagocytic activity of human blood leukocytes. *Biokhimiya (Biochemistry)*. Vol. 80. Iss. 7. P. 1099–1108 (in Russian).
- Besednova N.N., Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S. et al. 2015. Marine brown algae – a source of new pharmaceutical substances with antibacterial properties. *Antibiotiki i khimioterapiya (Antibiotics and chemotherapy)*. Vol. 60. № 3–4. P. 31–41 (in Russian).
- Bilan M.I., Klochkova N.G., Shashkov A.S., Usov A.I. 2018. Polysaccharides of algae Message 71\*. Polysaccharides of the Pacific brown alga *Alaria marginata*. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya khimicheskaya (Bulletin of the Academy of Sciences. Chemical series)*. Vol. 67. № 1. P. 137–143.
- The Interstate Standard 33331-2015. 2019. Algae, sea grasses and their products. Methods for determination of mass fraction of water, ash and foreign impurities. Moscow: Standartinform Publ. 11 p. (in Russian).
- Guruleva O.N. 2006. Justification of fucoidan technology in complex processing of brown algae of the Far Eastern seas. *Abstract of Candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 26 p. (in Russian).
- Guruleva O.N., Aminina N.M. 2013. Study of fucoidan content in brown algae of the Far Eastern region. *Izvestiya TINRO (News of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 172. P. 265–273 (in Russian).
- Kalchenko E.I., Aminina N.M., Guruleva O.N. et al. 2008. Chemical composition of *Laminaria bongardiana* from Avacha Bay. *Izvestiya TINRO (News of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 155. P. 347–354 (in Russian).
- Klimova A.V., Klochkova T.A. 2021. Cytological and karyological features of Kamchatka representatives of the genus *Alaria* (Laminariales, Phaeophyceae). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 58. P. 71–86 (in Russian).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhotsk. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Vol. 50. P. 46–56 (in Russian).

- Kovalenko P.P., Lyman N.P., Kovalenko A.P. 1988. Express method for selecting antibiotics for purulent infection. Rostov: Prof-Press Publ. 48 p. (in Russian).
- Koneva A.A., Aminina N.M. 2013. Chemical composition of different parts of the thallus of *Alaria marginata* P. et R. (Laminariales, Phaeophyta). *Izvestiya TINRO (News of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 175. P. 333–138.
- Koneva A.A., Klochkova N.G. 2013. Seasonal dynamics of the general chemical composition of *Saccharina bongardiana* (Laminariales, Phaeophyta) growing in Avacha Bay (southeastern Kamchatka). *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana (The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. Iss. 30. P. 82–88 (in Russian).
- Makarenkova I.D., Zaporozhets T.S., Besednova N.N. 2014. Sulfated polysaccharides of brown algae – agonists of innate immune functions. P. 187–216. In: *Fucoidans – sulfated polysaccharides of brown algae. Structure, enzymatic transformation and biological properties. Monograph*. Vladivostok: Dalnauka. 380 p. (in Russian).
- Menshikov V.V. 1987. Laboratory research methods in the clinic: Handbook. Moscow: Academy Publ. 368 p. (in Russian).
- Obluchinskaya E.D. 2008. Comparative study of brown algae of the Barents Sea. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya (Applied Biochemistry and Microbiology)*. Vol. 44. № 3. P. 337–342 (in Russian).
- Obluchinskaya E.D. 2018. Antioxidant complex extract from fucus algae of the Barents Sea. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Murmansk State Technical University)*. Vol. 21. № 3. P. 495–401 (in Russian).
- Perervenko O.V., Klochkova N.G. 2023. Modulation of neutrophil phagocytic activity by aqueous extracts of *Arthrothamnus bifidus* and *Laminaria repens* (Laminariales, Ochrophyta). *Izvestiya KGTU (KSTU News)*. № 71. P. 67–74 (in Russian).
- Petrov Yu.E. 1973. Genus *Alaria* in the seas of the USSR. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy (News of taxonomy of lower plants)*. Vol. 10. P. 49–59 (in Russian).
- Federal environmental regulations (FER) 14.1:2.114–97. 2004. Methodology for measuring the mass concentration of dry residue in samples of natural and treated wastewater using the gravimetric method. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation. 12 p. (in Russian).
- Podkorytova A.V., Roshchina A.N., Evseeva N.V. et al. 2020. Brown algae of the orders Laminariales and Fucales of the Sakhalin-Kuril region: reserves, production, use. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. Vol. 181. P. 235–256 (in Russian).
- Usov A.I., Klochkova N.G. 1994. Brown algae of Kamchatka as a source of mannitol. *Bioorganicheskaya khimiya (Russian Journal of Bioorganic Chemistry)*. Vol. 20. № 11. P. 1236–1241 (in Russian).
- Usov A.I., Smirnova G.P., Klochkova N.G. 2001. Polysaccharide composition of some brown algae of Kamchatka. *Bioorganicheskaya khimiya (Russian Journal of Bioorganic Chemistry)*. Vol. 27. № 6. P. 444–448 (in Russian).
- Usov A.I., Smirnova G.P., Ogorodnikov V.S. et al. 2002. Distribution, reserves and chemical composition of some species of brown algae of the Northern Kuril Islands. *Proceedings of 1st international conference “Marine coastal ecosystems: algae, inverte-*

- brates and their processed products”. Moscow: VNIRO. P. 225–229 (in Russian).
- Fucoidans – sulfated polysaccharides of brown algae. Structure, enzymatic transformation and biological properties. *Monograph*. 2014. Vladivostok: Dalnauka Publ. 380 p. (in Russian).
- Chojnacka K., Saeid A., Witkowska Z. et al. 2012. Biologically active compounds in seaweed extracts – the prospects for the application. *Open Conference Proceedings Journal*. № 3. 20–28.
- Erpel F., Mateos R., Peres-Kimenez J. et al. 2020. Phlorotannins: from isolation and structural characterization, to the evaluation of their antidiabetic and anticancer potential. *Food Research International*. Iss. 137. P. 109–139.
- Kadam S.U., O`Donnell C.P., Rai D.K. et al. 2015. Laminarin from Irish brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria hyperborea*: ultrasound assisted extraction, characterization and bioactivity. *Marine Drugs*. Vol. 13. P. 4270–4280.
- Starko S., Soto Gomez M., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Iss. 136. P. 138–150.
- Wekre M.E., Holmelid B., Underhaug J. et al. 2023. Characterization of high value products in the side-stream of *Laminaria hyperborea* alginate production – targeting the phenolic content. *Algal Research*. Vol. 72. P. 103–109.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Клочкова Нина Григорьевна** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, главный научный сотрудник; Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, 683032, Россия, Петропавловск-Камчатский; ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии и рекреационных ресурсов; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

**Klochkova Nina Grigorievna** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Chief Scientific Researcher; Vitus Bering Kamchatka State University, 683032, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Researcher of Biogeochemistry and Recreational Resources Laboratory; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

**Перервенко Ольга Валентиновна** – Филиал № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь»; 683015, Россия, Петропавловск-Камчатский; заведующая лабораторией поликлиники; perervenko2014@gmail.com. SPIN-код: 2914-3008, Author ID: 551049.

**Perervenko Olga Valentinovna** – Federal State Institution “1477 Naval Clinical Hospital”, Branch № 2; 683015, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of the Polyclinic Laboratory; perervenko2014@gmail.com. SPIN-code: 2914-3008, Author ID: 551049.

Статья поступила в редакцию 11.09.2024; одобрена после рецензирования 20.09.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 11.09.2024; approved after reviewing 20.09.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Клочкова Н.Г., Перервенко О.В. 2024. Водные экстракты камчатских бурых водорослей как стимуляторы фагоцитарной функции нейтрофилов *in vitro*. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 38–53. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-38-53>.

For citation: Klochkova N.G., Perervenko O.V. 2024. Aqueous extracts from Kamchatka brown seaweeds as stimulators of phagocytic function of neutrophils *in vitro*. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 38–53 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-38-53>.

Научная статья

УДК [574.2: 574.5: 595.36]9282.243.4/.6

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-54-72

**ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ *GAMMARUS VARSOVIENSIS* JAZDZEWSKI, 1975  
(CRTUSTACEA, AMPHIPODA, GAMMARIDEA) В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ  
РЕКИ ПРЕГОЛИ В ИЮЛЕ – СЕНТЯБРЕ 2021 ГОДА**

Ширяева Н.С., Судник С.А.

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Советский проспект, 1

*Gammarus varsoviensis* – широко распространенный в реках Европы вид амфипод. Соотношение полов в пробах (всего 341 особь: 243 самки и 98 самцов) из реки Преголи г. Калининграда в июле – сентябре 2021 года варьировало; чаще в два – пять раз численно доминировали самки. Общая длина тела особей составила 3,2–16,5 мм (самок – 3,2–11,7 мм, самцов – 3,5–16,5 мм); размеры ювенильных особей – меньше 3,2 мм. Возрастной состав включал особей возрастом 0+...2+; доминировали особи первого года жизни. Яйценосных самок (вынашивали эмбрионов на разных стадиях развития) встречено в 3,8 раза меньше, чем самок без яиц, их размеры были схожи. Размер первого нереста – около 5,5 мм. Плодовитость достигала 36 яиц, длиной у только что отложенных 0,4–0,7 мм; количество молоди длиной 0,4–1,75 мм в марсупиумах достигало 15 экз.

**Ключевые слова:** амфиподы, половой диморфизм, размеры яиц, реализованная плодовитость, соотношение полов, *Gammarus varsoviensis*.

Original article

**FEATURES OF THE BIOLOGY OF *GAMMARUS VARSOVIENSIS* JAZDZEWSKI, 1975  
(CRUSTACEA, AMPHIPODA, GAMMARIDEA) IN THE MIDDLE CURRENT  
OF THE PREGOLYA RIVER IN JULY – SEPTEMBER 2021**

Shiryayeva N.S., Sudnik S.A.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Sovetskiy Prospekt 1.

*Gammarus varsoviensis* is an amphipod species widespread in the rivers of Central and Eastern Europe. The sex ratio in the samples (341 individuals in total: 243 females and 98 males) collected in the Pregolya river of Kaliningrad varied in July – September 2021, but females dominated two-five times numerically. The total body length of the individuals was 3.2–16.5 mm (females – 3.2–11.7 mm, males – 3.5–16.5 mm); the size of juvenile individuals was less than 3.2 mm. The age group included individuals of 0+...2+ years old; individuals of the first year of life dominated. Egg-bearing females (they have embryos at different stages of development) were found 3.8 times less than females without eggs, their sizes were similar. The size of the first spawning was about 5.5 mm. Fertility reached 36 eggs, 0.4–0.7 mm long in newly laid eggs; the number of juveniles 0.4–1.75 mm long in marsupiums reached 15 specimens.

**Key words:** amphipods, sexual dimorphism, egg sizes, realized fertility, sex ratio, *Gammarus varsoviensis*.

## ВВЕДЕНИЕ

Амфиподы (бокоплавы) – крупнейшая группа высших раков, важная составляющая биоресурсов водных экосистем, часто доминирующая в бентосе. Амфиподы утилизируют первичную и отчасти вторичную продукцию, что очень важно для функционирования экосистем. Благодаря высокой продуктивности и большому количеству проходящей через их популяции энергии, бокоплавы играют важную роль в процессах трансформации веществ и энергии, в формировании кормовой базы донных и придонных рыб, в питании ряда водных птиц [Грезе, 1977; Островский, 1990; Буруковский и др., 2019].

В пресных водах России обитают около 600 видов рачков-бокоплавов [Тахтеев, Сидоров, 2012]. В водоемах Калининградской области амфиподы потребляются молодью налима, речной камбалы, лососевых, салакой, треской, окуневыми и карповыми рыбами [Визер, 2006; Тахтеев, Сидоров, 2012].

В некоторых регионах России «кустарный» промысел гаммарусов ведется уже более сотни лет: их используют в качестве отличной рыболовной насадки для ловли рыб, акклиматизантов для обогащения кормовой базы рыб, сырья при приготовлении сухих кормов для аквариумных рыб, для подкормки в рыбоводстве, для питания домашней птицы.

Амфиподы играют значительную роль в процессах самоочищения водоемов, служат биоиндикаторами сапробности водоемов. Одновременно они выступают в роли хозяев различных паразитов [Березина, 2004; Любина, Саяпин, 2008; Буруковский и др., 2019].

*Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 выделен из *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863, и Яджевский [Jazdzewski, 1975] счи-

тал его нативным видом Польши. В настоящее время вид известен из водоемов водосборного бассейна Балтийского моря от Германии на западе до Литвы на востоке. Сейчас до конца непонятно, является ли данный вид вселенцем или нативным видом. Некоторые авторы [Grabowski et al., 2012a, 2012b; Zettler, Zettler, 2017] считают *G. varsoviensis* понто-каспийским вселенцем, который заселил реки Польши в XVIII–XIX вв., и тогда вид может быть отнесен к инвазивным. В работах белорусских и литовских ученых [Макаренко, Вежновец, 2014; Arbaciauskas, 2015; Semenchenko et al., 2016] *G. varsoviensis* считают аборигенным для этих стран. Также отмечено, что вид известен в материалах за 1998 г. из вод Германии [Egger, Martens, 2001].

Главной частью ареала считают Польшу и западные районы Белоруссии. Возможно, вид мог по рекам распространиться из района реки средней Вислы, из рек Буга и Нарева (Польша), через каналы [Макаренко, Вежновец, 2014; Arbaciauskas, 2015; Буруковский и др., 2019; Липинская, Макаренко, 2019].

В Калининградской области и соседних территориях (Белоруссии, Литвы, Латвии) вид известен в реках: Преголе, Немане, Анграпе, Инструче, Соже, Днепре, Припяти, Западном Буге, Западной Двине, Даугаве, в Куршском и Вислинском заливах [Буруковский и др., 2019].

В целом вид избегает солоноватых вод и маленьких быстрых ручьев. Встречен в умеренно проточных равнинных ручьях и реках. Предпочитает самые мелкие части рек вблизи береговой линии, под раскидистыми кустами, деревьями, под камнями. Был обнаружен также в озерах с обменом воды или во временных затопленных лугах и в старых руслах рек, почти каждый год связанных с рекой. Складывается впечат-

ление, что новые вселенцы (например, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894)) являются для *G. varsoviensis* антагонистами [Egger, Martens, 2001; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015, 2018; Zettler, Zettler, 2017].

Есть данные по исследуемому виду о встречаемости, размерах, питании, особенностях репродукции и жизненном цикле вида из водоемов Европы [Копораска, 1988; Grabowski et al., 2007, 2012a; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015, 2018; Zettler, Zettler, 2017; Липинская, Макаренко, 2019].

По биологии вида из вод региона описана только встречаемость [Гусев и др., 2012; Гусев, Рудинская, 2014; Буруковский

и др., 2019]. Цель нашей работы – получение первых данных по биологии бокоплава *G. varsoviensis* (размерно-половая структура, плодовитость, эмбриональное развитие, размеры яиц, молоди) из р. Преголи.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал (8 проб, всего 341 экз. особей *G. varsoviensis*) собран с мониторинговой станции в прибрежной зоне реки Преголи г. Калининграда, недалеко от ДНТ «Лотос» в районе моста, построенного на месте старого, так называемого Берлинского моста (координаты станции: 54°41′ с. ш.; 20°36′ в. д.) в дневное время в июле – сентябре 2021 г. (рис. 1; табл. 1).

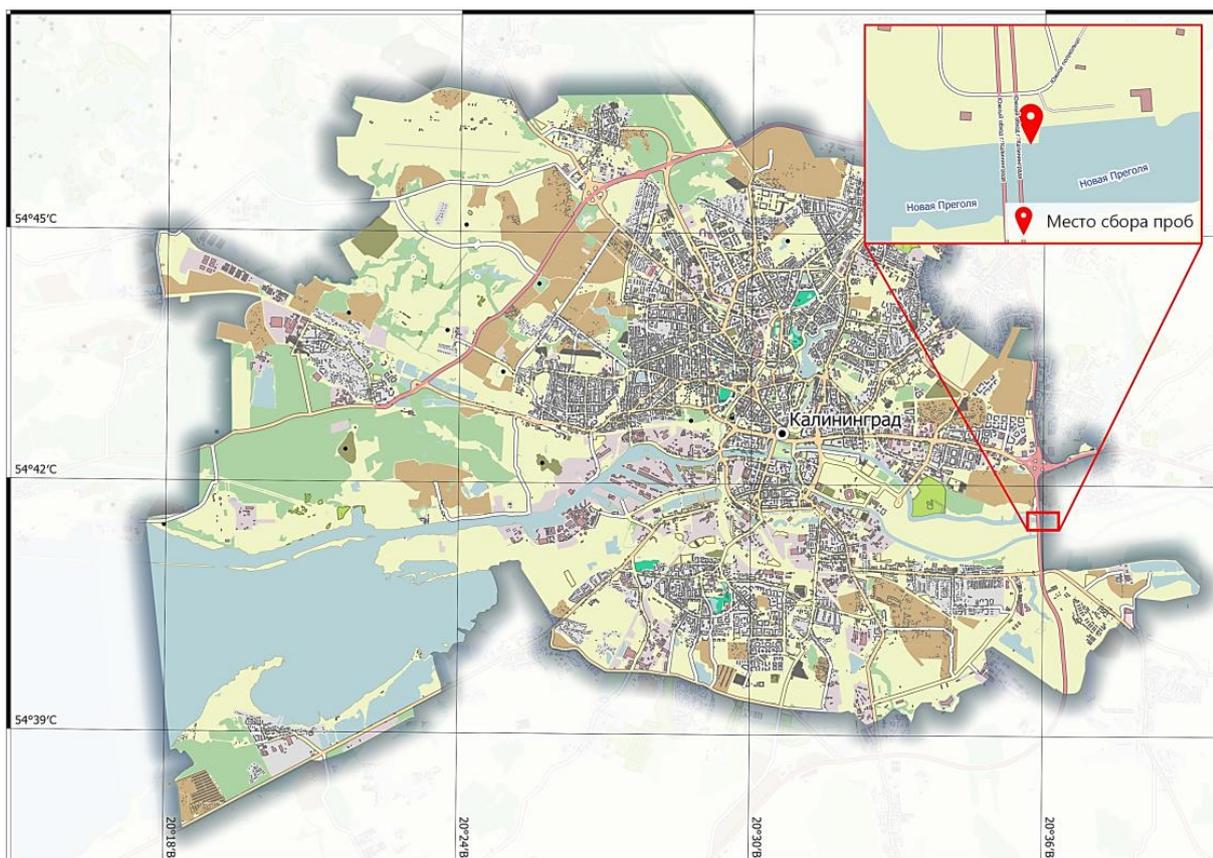


Рис. 1. Сбор материалов *Gammarus varsoviensis*, река Преголя, июль – сентябрь 2021 г. (📍 – станция отбора проб) [Панкратов Е.М., ориг.]

Fig. 1. Sampling of *Gammarus varsoviensis*, the Pregolya River, July – September, 2021 (📍 – sampling location) [Pankratov E.M., orig.]

Таблица 1. Объем собранного материала *G. varsoviensis* в реке Преголе в июле – сентябре 2021 г.Table 1. The volume of collected material of the *G. varsoviensis* in the Pregolya River in July – September 2021

Дата	05.07	12.07	18.07	26.07	05.08	15.08	25.08	11.09	Всего
Кол-во особей, экз.	10	104	65	5	96	7	36	18	341

Сбор осуществляли под мостом на глубине 0–0,5 м вручную, гидробиологическим скребком, протягивая его в пределах изучаемой площади около трех метров, отбирая грунт вместе с песком и галькой. Пойманных рачков фиксировали 4%-ным раствором формальдегида.

Бокоплавцы анализировались с помощью бинокулярного микроскопа. Анализ включал видовую идентификацию [Буруковский и др., 2019], определение пола, измерение длины тела, у яйценосных самок – оценку стадии развития эмбрионов, вынашиваемых в выводковой (марсупиальной) сумке, величины плодовитости (количество эмбрионов и молоди). За длину тела гаммарусов принималось расстояние вдоль средней линии спины (при выпрямленном теле рачка) от переднего края головы (включая рострум) до основания тельсона, т. е. до конца последнего сегмента тела [Грезе, 1977; Williams, 1978].

Амфиподы раздельнополы. Половой диморфизм охватывает глаза, антенны и гнатоподы двух особей. У самцов парные трубчатые семенники лежат в тораксе, имеется два пениса, гонопоры самцов открываются на восьмом торакомере. У самок яичники тоже трубчатой формы, лежат, как правило, между третьим и восьмым торакомерами, от их средней части отходят яйцеводы, открывающиеся гонопорами вентрально на шестом торакомере. У взрослых самок парные оостегиты (изогнутые пластинки у основания переоподов, часто несут на концах переплетающиеся щетинки, служащие защитой вынашиваемого потомства (рис. 2.)) формируют вы-

водковую (марсупиальную) сумку, в которой после нереста из отложенных яиц развиваются эмбрионы. Отличать взрослых самцов сложнее, но у Gammaridea они крупнее самок с развитой марсупиальной сумкой и имеют более развитые пары гнатоподов (клешненосных ног). Переоподы самцов изнутри имеют только жаберный мешочек [Гринцов, 2022].

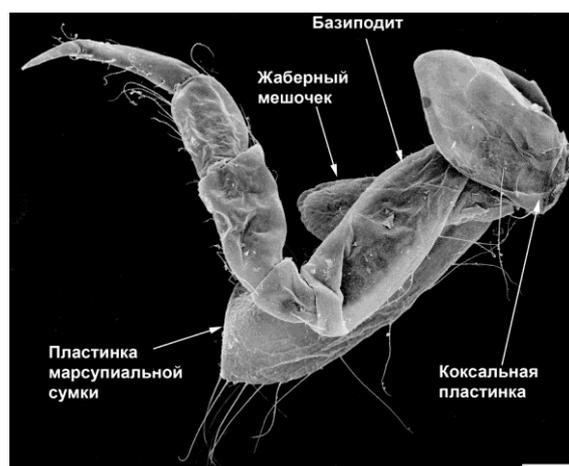


Рис. 2. Переопода взрослой самки амфиподы с развитой пластинкой марсупиальной сумки и жаберным мешочком [Гринцов, 2022]

Fig. 2. Pereopoda of an adult amphipod female with a developed lamina marsupial pouch and a gill pouch [Grintsov, 2022]

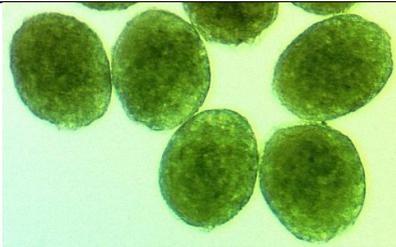
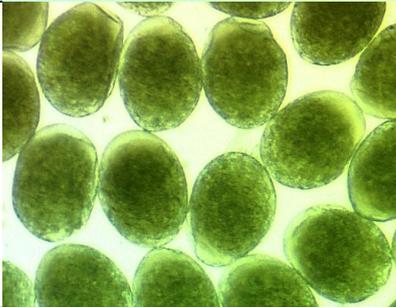
Состояние репродуктивной системы самок *G. varsoviensis* определялось по степени развития марсупиальной сумки, с учетом наличия или отсутствия в ней яиц с эмбрионами или молоди [Morritt, Spicer, 1993]. Самки подразделялись на две группы: взрослые самки без яиц, самки с яйцами или с молодью в марсупиальной сумке. При составлении шкалы для определения

стадии развития эмбрионов у *G. varsoviensis* (табл. 2) мы за основу использовали две пятибалльные шкалы: Даля [Dahl, 1946], созданную для амфипод *Orchestia gammarellus* (Pallas, 1766) и *Platorchestia*

*platensis* (Krøyer, 1845), и Скапини [Scapini, 2002] – для *Talitrus saltator* (Montagu, 1808). Фотографии для шкалы сделаны на световом микроскопе Micray BS-200 с помощью фотонасадки Levenhuk M1400 PLUS.

Таблица 2. Шкала для определения стадии эмбриогенеза у *G. varsoviensis*

Table 2. Scale for determining the stage of *G. varsoviensis* embryogenesis

Стадия развития эмбрионов	Описание стадии	Внешний вид яиц с эмбрионами / вид молоди (фото Н.С. Ширяева)
1	Только что отложенные яйца, полупрозрачные; цвет яиц после фиксации оранжевый; желток достаточно гомогенный, без визуальных различимых следов дробления	
2	Начало дробления яйца, появляется зародышевая полоска в виде полумесяца, желток занимает примерно три четверти объема яйца; появляются первые признаки сегментации	
3	Около 50–70% объема яйца занято развивающимся эмбрионом, в строении которого видны зачатки конечностей головы и торакса; на головном отделе может быть различима узенькая черточка – начало формирования глаза	
4	Включает все последующие стадии эмбриогенеза до выклева молоди; в строении эмбриона различимо строение тела, сегментированных конечностей, глаза; стадия заканчивается полным формированием особи	
5	В марсупиальной сумке самки находятся сформированные молодые рачки, вышедшие из яйцевых оболочек	

Подсчет разовой реализованной плодовитости (количество яиц / молоди в кладке) определялось прямым подсчетом в камере Богорова. У яиц с точностью 0,1 мм измеряли большой диаметр. У вылупившейся молоди измеряли длину тела: от переднего края головы до конца анальной лопасти, с точностью 0,1 мм. Статистическая обработка выполнена в программе Excel 2016 для Windows 10.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### *Buomon Gammarus varsoviensis*

Биотоп вида в прибрежной части р. Преголи включал высшую водную растительность – в основном представлен кубышково-роголистниково-рясковыми и рдестовыми сообществами. Вид предпочитал слабо заиленное, песчаное дно, с относительно твердым субстратом.

Судя по литературным данным [Иоффе, 1974], особи вида в качестве укрытия могут использовать каменистые участки дна либо насыпи техногенных камней (в основном находятся на месте автомобильных и железнодорожных мостов) и углубления в затопленных корягах, реже в этом качестве ими используются обнаженные в прибрежье, свободные от почвы, омываемые корни трав и кустарников.

### Соотношение полов

Максимальные уловы особей *G. varsoviensis* выполнены в июле, в августе и сентябре наблюдалось уменьшение количества отловленных особей как самцов, так и самок (табл. 3). В целом в собранном в июле – сентябре материале почти в 2,5 раза самки преобладали над самцами: 243 и 98 экз. (71 : 29%). В восьми пробах соотношение полов варьировало, но в подавляющем боль-

шинстве проб доминировали самки. Также и по трем месяцам исследования – в каждый месяц в два-пять раз численно преобладали самки (табл. 3). Не исключено, что меньшее, по сравнению с самками, количество самцов (во всех пробах) может быть следствием меньшей продолжительности жизни самцов.

В поселениях ряда других видов гаммарусов водоемов России (Кольского залива, Белого моря) соотношение полов варьировало (от близкого к равному до серьезного отклонения от равного, с преобладанием то самок, то самцов) и характеризовалось сезонными изменениями [Рубахина, 2000; Икко, 2010]. Известно, что пол амфипод определяется на генотипическом уровне, обеспечивая первичное равное соотношение полов. Далее, с взрослением особей, под воздействием факторов (изменения фотопериода, температуры, разной смертности самцов и самок на ювенильных стадиях, влияния паразитов, разной скорости созревания, различной продолжительности жизни разнополых особей, пространственной сегрегации по горизонтам литорали) в соотношении полов в популяциях бокоплавов возникают отклонения [Икко, 2010].

### Размерный состав

Общая длина тела исследованных амфипод в июле – сентябре 2021 г. варьировала от 3,2 до 16,5 мм, однако подавляющее большинство особей (99%) имели размеры не более 11,5 мм (табл. 4; рис. 3 – суммарный график). При этом если в июле доля особей размерами более 9,5 мм составляла 6,5%, то в августе она уменьшилась до 5%; в единственной пробе сентября особей крупнее 8,3 мм не встречено. Размерный состав свидетельствовал о том, что популяция находилась в состоянии развития и роста. Исчезновение осенью

из поселения гаммаруса крупных особей как самок, так и самцов, возможно, было вызвано их естественной смертностью.

Для сравнения в водоемах Беларуси отмечен более крупный максимальный размер особей *G. varsoviensis* (до 22,1 мм) [Jażdżewski, 1975; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015].

Самцы *G. varsoviensis* в р. Преголе в июле – сентябре 2021 г. достигали более крупных размеров, чем самки, как в целом (до 16,5 мм по сравнению с 11,7 мм), так и в половине проб, что отражает черты полового диморфизма по размерам тела и его частей, с более крупными самцами, известного для гаммарид [Тихонова, Кабалтынов, 2007]. Для сравнения в водоемах Балтийского моря и сопредельных территорий максимальный размер особей вида определили как 20 мм [Zettler, Zettler, 2017].

В водах Беларуси отмечен более крупный максимальный размер особей *G. varsoviensis* (у самцов – 22,1 мм, у самок – 20,7 мм) – самцы тоже были более крупными [Jażdżewski, 1975; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015]. Не исключено, что в уловы вида из р. Преголи особи крупнее 16,5 мм просто не попали: судя по данным [Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015], самые крупные экземпляры *G. varsoviensis* (длиной до 20 мм) в водах Беларуси встречались в конце весны и начале лета, когда уловы в р. Преголе не проводились. Биологический смысл данного типа полового диморфизма исходит из известной у самцов гаммарусов необходимости бороться за самок – побеждают более крупные самцы, а размер тела передается по наследству [Боголюбов, Кравченко, 2018].

Таблица 3. Половой состав *G. varsoviensis*, прибрежная зона реки Преголи, июль – сентябрь 2021 г.

Table 3. Sex composition of *G. varsoviensis*, coastal zone of the Pregolya River, July – September 2021

Дата		05.07	12.07	18.07	26.07	05.08	15.08	25.08	11.09
Кол-во, экз.	♀	5	72	44	4	73	5	25	15
	♂	5	32	21	1	23	2	11	3
Всего, экз.		<b>184</b>				<b>139</b>			<b>18</b>
Соотношение полов (♀ : ♂)		1 : 1	2,2 : 1	2,1 : 1	4 : 1	3,2 : 1	2,4 : 1	2,3 : 1	5 : 1
		<b>2,1 : 1</b>				<b>2,9 : 1</b>			<b>5 : 1</b>

Таблица 4. Размеры самок и самцов *G. varsoviensis* в реке Преголе в июле – сентябре 2021 г. (SD – стандартное отклонение)

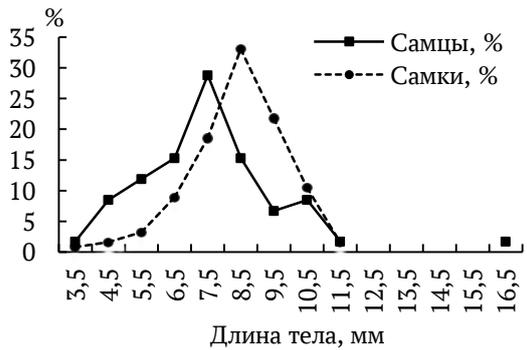
Table 4. Body sizes of *G. varsoviensis* females and males in the Pregolya River in July – September 2021 (SD – standard deviation)

Дата сбора	Длина тела, мм	
	самки	самцы
	диапазон (средняя ± SD)	диапазон (средняя ± SD)
по дате		
5.07.2021	5,0–10,5 (8,4 ± 2,30)	6,2–11,5 (9,0 ± 1,93)
12.07.2021	4,5–11,0 (8,2 ± 1,19)	4,0–16,5 (7,6 ± 2,16)
18.07.2021	3,5–11,0 (8,3 ± 1,54)	3,7–10,0 (6,7 ± 2,04)
26.07.2021	5,7–10,5 (7,6 ± 2,10)	8,5 (-)
5.08.2021	3,5–11,5 (7,3 ± 2,07)	5,0–11,7 (7,5 ± 1,74)
15.08.2021	5,1–8,3 (6,5 ± 1,27)	3,5–7,5 (5,5 ± 2,83)
25.08.2021	3,2–11,7 (7,4 ± 2,15)	4,7–11,5 (7,3 ± 2,11)
11.09.2021	3,3–8,3 (6,2 ± 1,77)	4,5–6,0 (5,0 ± 0,87)

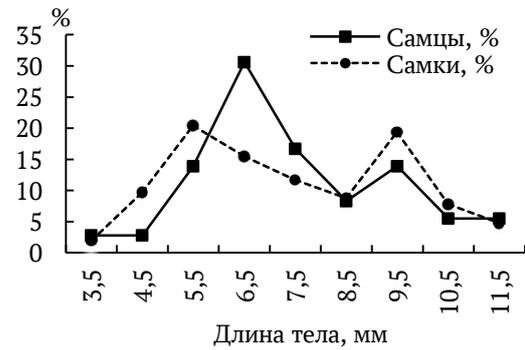
Окончание табл. 4

The end of the Table 4

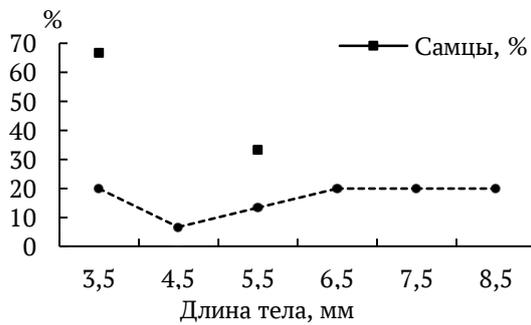
Дата сбора	Длина тела, мм	
	самки	самцы
	диапазон (средняя $\pm$ SD)	диапазон (средняя $\pm$ SD)
по месяцам		
июль	3,5–11,0 (8,2 $\pm$ 1,39)	4,0–16,5 (7,4 $\pm$ 2,45)
август	3,2–11,7 (7,3 $\pm$ 2,07)	3,5–11,7 (7,3 $\pm$ 1,89)
сентябрь	3,3–8,3 (6,2 $\pm$ 1,77)	4,5–6,0 (5,0 $\pm$ 0,87)
Всего	3,2–11,7 (7,7 $\pm$ 1,82)	3,5–16,5 (7,3 $\pm$ 2,06)



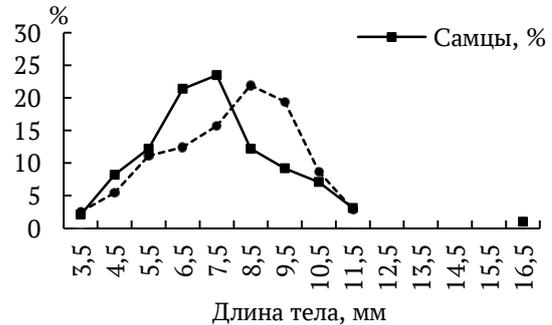
Июль 2021 г.



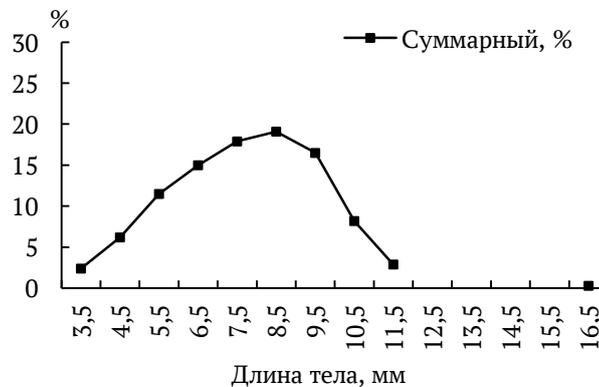
Август 2021 г.



Сентябрь 2021 г.



Общий график по полу, июль – сентябрь 2021 г.



Суммарный график для обоих полов, июль – сентябрь 2021 г.

Рис. 3. Размерный состав *G. varsoviensis* в реке Преголе, июль – сентябрь 2021 г.

Fig. 3. Size composition of *G. varsoviensis* in the Pregolya River, July – September 2021

По суммарному графику размерного состава (рис. 3) выделяется только один пик численности, что говорит о короткой продолжительности жизни особей вида в реке (у многих особей – около одного года).

Анализ графиков размерного состава особей по полу (рис. 3, общий график для самцов и самок) показал, что среди самцов заметно преобладали особи несколько меньших размеров, чем у самок: мода самцов 7,5–8,5 мм, мода самок 8,5–9,5 мм. При этом в июле преобладали более крупные особи, чем в августе, как самки (мода 8–9 мм; 33%, по сравнению с 5–6 мм; 20%), так и самцы (мода 7–8 мм; 29%, по сравнению с 6–7 мм; 31%) (рис. 3 – графики по трем месяцам).

Анализ данных с применением критерия Стьюдента позволил уточнить, что достоверно наименьшими средними размерами обладали как самки, так и малочисленные самцы из проб сентября (самцы – в 1,5 раза, а самки – в 1,1–1,3 раза меньше, чем у особей в июле и августе) (см. табл. 4; самцы:  $t_{\text{стат}} = 3,92-4,20$ ,  $t_{\text{табл}} = 2,78-3,18$ ; самки:  $t_{\text{стат}} = 2,26-4,29$ ,  $t_{\text{табл}} = 1,97-2,09$ ); самыми крупными средними размерами обладали самки и самцы из июльских проб, при этом у самок они были достоверно немного больше (в 1,1 раза) ( $t_{\text{стат}} = 2,57$ ,  $t_{\text{табл}} = 1,99$ ).

Для сравнения в водоемах Беларуси средние размеры тела самцов и самок *G. varsoviensis* были близки ( $(10,2 \pm 0,4)$  мм и  $(10,3 \pm 0,41)$  мм соответственно) и были крупнее, чем у особей из р. Преголи (см. табл. 4) [Jażdżewski, 1975; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015].

Оцененная возрастная структура для особей *Gammarus lacustris* (вид *G. varsoviensis* выделен из этого вида) из оз. Сев-Лич в 1978 г. имела следующий вид: 83% численности рачков составляли особи в возрасте 0+ (длина тела 2,2–3,8 мм), 13% –

в возрасте 1+ (самки 8,5–12,3 мм, самцы 9,2–13,3 мм) и 4% – в возрасте 2+ (самки 13,3–16,0 мм и самцы 15,3–18,3 мм) – то есть продолжительность жизни вида здесь считали до трех лет [Островский, 1990]. Стоит отметить: самцы тоже были крупнее самок, и максимальный размер особей составил менее 20 мм, что схоже с нашими данными для вида р. Преголи. Если ориентироваться на эти примеры, то можно предположить, что возраст особей *G. varsoviensis* из уловов июля – сентября 2021 г. в р. Преголе составлял от 0+ до 2+ и мог у некоторых самцов и самок достигать более двух лет.

Есть мнение, что размеры ювенильных особей *G. varsoviensis* в водоемах Беларуси достигали 5–7 мм (будет равно возрасту 0+) [Липинская, Макаренко, 2019], что не соответствует нашим данным для вида р. Преголи: у особей с длиной от 3,2–3,5 мм уже можно было определить пол (см. табл. 4).

### Репродуктивная характеристика

Состояние репродуктивной системы самок. Оценка состояния репродуктивной системы позволила разделить самок *G. varsoviensis* на две группы (табл. 5). Доминировали в пробах самки, не вынашивающие яйца с эмбрионами (доля от всех самок 79%, длина 3,2–11,7 мм), преобладали среди них самки средних размеров, судя по значениям которых это должны быть самки, впервые развивающие свою репродуктивную систему.

Яйценосных самок и самок с молодью в марсупиуме встречено в 3,8 раза меньше (21%), их минимальные (от 5,5 мм) и средние (8,6 мм) размеры были закономерно (а по данным за июль и август – и достоверно:  $t_{\text{стат}} = 2,16-3,84$ ,  $t_{\text{табл}} = 1,99-2,02$ ) крупнее, чем у самок без яиц (от 3,2 мм; 7,2–8,1 мм соответственно), их максималь-

ные размеры были сравнимы, что говорит о схожем возрасте самок этих двух групп. Средние размеры яйценосных самок в июле – сентябре (табл. 5) были близки, в июле и августе достоверных различий в них не обнаружено ( $t_{\text{стат}} = 0,03$ ,  $t_{\text{табл}} = 2,04$ ). Учитывая, что минимальный размер тела самой мелкой яйценосной самки был 5,5 мм – он предварительно принят за размер впервые нерестящихся самок вида в р. Преголе.

Можно отметить, что если в пробах июля – августа суммарная доля яйценосных самок составила 20,6%, при этом их доля с июля по август несколько уменьшилась (табл. 5), то в малочисленной пробе сентября встречена всего одна такая особь. Все это может указывать на завершение в августе – начале сентября 2021 г. массового нереста вида в р. Преголе.

Если ориентироваться на пример оценки возраста, показанный нами выше [Островский, 1990], можно предположить, что возраст самок *G. varsoviensis* из уловов июля – сентября 2021 г. в р. Преголе составлял от 0+ до 2+, с доминированием самок первого года жизни, при этом в среднем возраст самок без яиц был несколько меньше яйценосных самок, а максимальный возраст самок обеих репродуктивных категорий мог превышать один, а иногда два года. Для сравнения в водоемах Беларуси самки *G. varsoviensis*, как без яиц, так и яйценосные, были существенно более крупных, как максимальных, так и средних

размеров (4,6–20,7 мм ( $10,3 \pm 0,4$  мм) и 7,5–15,1 мм ( $11,6 \pm 1,2$ ) мм соответственно. К взрослым самкам вида здесь относили особей размерами начиная от 10–13 мм, к взрослым самцам – особей длиной от 12–16 мм [Jażdżewski, 1975; Макаренко, Вежновец, 2014; Макаренко, 2015].

У нас, учитывая размер яйценосных самок начиная от 5,5 мм, к взрослым самкам вида в р. Преголе (под взрослыми мы понимаем имеющих зрелые яичники), нужно относить особей с длиной тела даже меньше 5,5 мм, поскольку известно, что зрелые самки гаммарусов спариваются сразу после линьки [Боголюбов, Кравченко, 2018], за время которой подрастают.

Яйценосные самки в период исследования в целом вынашивали в выводковых сумках эмбрионов во всех возможных стадиях развития и вынашивали молодь.

В июле самки вынашивали эмбрионов на всех возможных стадиях развития (несколько преобладали (суммарная доля в июле – 20,4%) особи с недавно отложенными яйцами (стадии 1–2)), схожую долю (18,4%) составили самки с молодь в марсупиуме (рис. 4).

В августе картина была в целом схожей: среди самок, вынашивающих эмбрионов на всех возможных стадиях развития, доминировали особи с недавно отложенными яйцами (стадии 1–2; суммарная доля 16,4%); доля самок с молодь в сумках сократилась в 2,2 раза (рис. 4).

Таблица 5. Репродуктивное состояние самок *G. varsoviensis* в реке Преголе, июль – сентябрь 2021 г.

Table 5. Reproductive state of *G. varsoviensis* females in the Pregolya River, July – September 2021

Месяц сбора	Самки без яиц		Яйценосные самки, самки с молодь в марсупиуме	
	доля, %	размер, мм (диапазон; среднее $\pm$ SD)	доля, %	размер, мм (диапазон; среднее $\pm$ SD)
июль	40	3,5–11,0; 8,1 $\pm$ 1,46	11,6	6,5–10,5; 8,6 $\pm$ 1,02
август	33	3,2–11,7; 7,2 $\pm$ 2,04	9	5,5–11,5; 8,6 $\pm$ 1,64
сентябрь	6	3,3–8,2; 6,0 $\pm$ 1,73	0,4	8,3
Всего	79	3,2–11,7; 7,5 $\pm$ 1,86	21	5,5–11,5; 8,6 $\pm$ 1,29

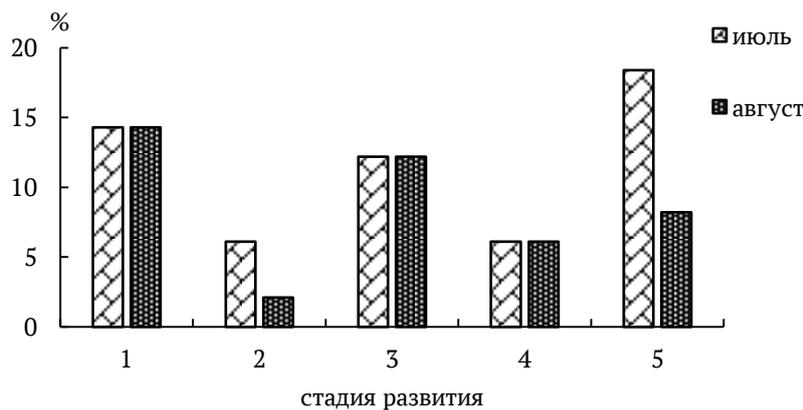


Рис. 4. Эмбриональное развитие у *G. varsoviensis* в реке Преголе, июль, август 2021 г.

Fig. 4. Embryonic development in *G. varsoviensis* in the Pregolya River, July, August 2021

В сентябре встречена лишь одна самка, вынашивающая только что отложенные яйца (стадия 1).

Можно сделать вывод, что период исследования (июль – август 2021 г.) был для самок вида *G. varsoviensis* временем активного нереста в прибрежной части р. Преголи, входящего в нерестовый сезон, который, судя по репродуктивному состоянию самок из уловов в июле, точно захватывал июнь: 14% самок в июле недавно отложили яйца, а известно, что в теплое время года развитие эмбрионов видов гаммарусов длится две-три недели [Боголюбов, Кравченко, 2018]. Учитывая встречу в сентябре только одной яйценосной самки, можно предположить, что в начале осени нерестовый период у вида завершился.

Для вида из водоемов Польши указывается одна генерация в год, произведенная во время пятимесячного периода размножения [Копораска, 1988]. В водах Беларуси отмечена возможность производства видом двух генераций: одну в конце весны – начале лета (май, июнь) давали крупные, длиной до 20 мм, самки (то есть первая генерация – потомки перезимовавших взрослых особей), вторую производили более мелкие самки (до 15 мм) в конце лета и осенью, это был, по мнению авторов,

результат размножения поколения этого года [Jażdżewski, 1975; Макаренко Макаренко, 2015; Макаренко, Вежновец, 2014]. Таким образом, получается, что в обеих странах одна особь самки вида нерестилась в нерестовый сезон один раз. То есть у самок вида, как у большинства животных из холодных и умеренных вод, размножение происходит в ограниченные сроки раз в году, что в целом замечено и для других видов амфипод схожих местообитаний [Островский, 1990].

*Плодовитость, размеры яиц и молоди.* Данные о плодовитости самок *G. varsoviensis* в р. Преголе в 2021 г., вынашивающих эмбрионы на четырех стадиях развития (стадии 1–4) и молодь (стадия 5), представлены в таблице 6. В целом в июле – сентябре количество яиц в марсупиальных сумках (реализованная плодовитость) у *G. varsoviensis* варьировало от 2 до 36 яиц.

Подобная максимальная величина плодовитости в целом обычна для видов гаммарусов [Боголюбов, Кравченко, 2018].

Начальная реализованная плодовитость (стадия эмбриогенеза 1) вида из р. Преголи в июле – августе достигала 36 только что отложенных яиц размерами 0,4–0,7 мм ((0,5 ± 0,07) мм), у самок со средним размером тела – (8,7 ± 1,33) мм (табл. 6).

За время вынашивания яиц с эмбрионами на стадиях развития с 1 по 4 отмечено увеличение средних размеров (длины) яиц (с 0,51 по 0,59 мм) – почти в 1,2 раза, но на данном материале различие оказалось недостоверно ( $t_{\text{стат}} = 2,03$ ,  $t_{\text{табл}} = 2,13$ ). Сравнение средней величины плодовитости на начальной (стадия 1) и конечной (стадия 4) стадиях эмбриогенеза (19 и 9 яиц соответственно) в июле – августе (табл. 6) выявило достоверные ( $t_{\text{стат}} = 2,36$ ,  $t_{\text{табл}} = 2,13$ ) потери яиц с эмбрионами за этот период, составившие почти 47%.

Количество вылупившейся из яиц молоди размерами (длиной тела) 0,4–1,75 мм в марсупиумах самок варьировало от 1 до 15 экз. (табл. 6).

Известно, что из яиц у гаммарусов выходят почти вполне развитые рачки; в дальнейшем при линьках увеличивается лишь число члеников в жгутах антенн. Молодые рачки и после вылупления остаются некоторое время в выводковых камерах самки, откуда удаляются вместе с ее экзuviем после линьки [Боголюбов, Кравченко, 2018].

Таблица 6. Плодовитость, размеры яиц, молоди *G. varsoviensis* в реке Преголе, июль – сентябрь 2021 г. (стадии 1–4 – эмбрионы; стадия 5 – молодь в марсупиуме)

Table 6. Fertility, egg and juveniles sizes of *G. varsoviensis* in the Pregolya River, July – September 2021 (stages 1–4 – embryos; stage 5 – young specimens in marsupium)

Стадии эмбриогенеза	Количество ♀♀, экз. / % от всех самок с потомством	Размер тела ♀♀, мм (диапазон средняя ± SD)	Плодовитость, количество яиц / молоди, экз. (диапазон средняя ± SD)	Размер яиц / молоди, мм (диапазон средняя ± SD)
1	6 / 12	6,5–9,5 7,8 ± 1,21	3–36 18 ± 10,84	0,4–0,5 0,5 ± 0,04
2	4 / 8	8,5–9,5 8,9 ± 0,48	2–19 14 ± 8,04	0,5–0,6 0,53 ± 0,07
3	6 / 12	7,0–10,0 8,6 ± 1,02	6–27 19 ± 8,09	0,5–0,7 0,5 ± 0,06
4	3 / 6	8,5–10,2 9,2 ± 0,76	2–13 7 ± 4,55	0,5–0,7 0,60 ± 0,06
5	9 / 18	7,5–10,5 8,8 ± 1,03	1–15 8 ± 4,63	0,4–1,75 1,1 ± 0,62
август				
1	7 / 14	8,3–11,5 9,5 ± 1,01	12–34 21 ± 7,91	0,4–0,7 0,5 ± 0,08
2	1 / 2	10,0	29	0,5–0,6 0,55 ± 0,07
3	6 / 12	5,5–10,0 8,7 ± 1,61	11–30 20 ± 7,06	0,4–0,7 0,53 ± 0,12
4	3 / 6	5,5–8,3 7,1 ± 1,44	8–13 11 ± 2,65	0,4–0,7 0,57 ± 0,06
5	4 / 8	5,8–9,5 7,6 ± 1,95	1–10 4 ± 3,69	0,8–1,7 1,3 ± 0,36
сентябрь				
1	1 / 2	8,3	7	0,5

У самок вида с длиной тела 11–15 мм в водах Беларуси плодовитость составила от 17 до 57. Отмечена прямая связь величины плодовитости с размерами тела самок: среднее значение для самок размерами 12–13 мм было 28 яиц, для самок размерами 13–14 мм – 35 яиц. Для средней Европы описана средняя плодовитость в 25 яиц на кладку у самок вида со средними размерами 13,5 мм [Jażdżewski, 1975]. По нашим данным, у *G. varsoviensis* из р. Преголи отмечалась чаще меньшая средняя начальная плодовитость – 19 яиц, но и у самок с меньшими средними размерами тела – 8,7 мм. По сравнению с рядом аборигенных гаммарусов (например, *G. lacustris*, *Gammarus fossarum* Koch, 1836) *G. varsoviensis* считается более плодовитым видом: плодовитость достигает более 30 яиц, по сравнению с 9–29 яиц у *G. lacustris* и до 25 яиц у *G. fossarum* [Manfred et al., 2003; Grabowski et al., 2007; Асочков, Юркова, 2010].

В течение жизни бокоплав много раз линяет; летом это происходит через каждые 6–7 дней, зимой через 16–18 дней. После десятой линьки, что бывает через три месяца по выходе из яйца, наступает половая зрелость бокоплава – то есть молодь, вышедшая из яиц весной, достигает половозрелости к осени; тело рачка в это время еще далеко не достигло полной своей длины [Боголюбов, Кравченко, 2018]. Поэтому в теории, если нерест начинается у какого-то вида весной, то в июле – августе, действительно, могут нереститься самки, выплывшие из яиц весной. Считается, что при продолжительности жизни гаммарусов – один год или несколько больше – в средних широтах умеренного пояса самки видов откладывают яйца несколько раз в жизни; а на севере – один раз, причем половой период бывает приурочен к середине лета [Боголюбов, Кравченко, 2018].

В случае с *G. varsoviensis* из р. Преголи данных, подтверждающих двухкратность нереста самок в течение одного года, нами или другими авторами не отмечено. Не исключено, что возраст наиболее крупных особей вида мог достигать два года и даже чуть больше; подтверждение этого требует дополнительных исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ размерного и полового состава, репродуктивных характеристик 341 особи *G. varsoviensis*, собранных в прибрежной зоне р. Преголи г. Калининграда в июле – сентябре 2021 г., позволил получить ряд первых важных данных о биологии вида. Количество выловленных по единой методике особей вида (как самцов, так и самок) уменьшалось с июля по сентябрь. В пробах каждого месяца в два-пять раз численно доминировали самки. Длина тела гаммарусов составила 3,2–16,5 мм; размеры самцов из-за полового диморфизма достигали больших величин, чем у самок (16,5 мм по сравнению с 11,7 мм), но они были меньше, чем известные для вида максимальные размеры тела из других частей ареала. В среднем более крупные самцы и самки собраны в июле, при этом самки были в среднем крупнее самцов. Наименьшими размерами отличались самцы и самки из проб сентября. Ювенильные особи *G. varsoviensis* в сборах с р. Преголи не встречены, но анализ показал, что их размеры должны быть меньше 3,2 мм. В целом возраст особей вида составлял от 0+ до 2+; доминировали особи первого года жизни. Оценка репродуктивного состояния самок показала преобладание в 3,8 раза особей, не вынашивающих яйца, размерами 3,2–11,7 мм; судя по размерам тела яйценосных самок (5,5–11,5 мм) их возраст был сравним с таковым у самок без яиц в марсупиуме. Раз-

меры нерестовоактивных самок из р. Преголи были меньше таковых у самок вида из водоемов Беларуси. Размер впервые созревших самок вида в р. Преголи – менее 5,5 мм (для уточнения требуется дополнительные материалы и привлечение новых методов исследования); размер первого нереста – около 5,5 мм. В июле – сентябре встречены самки, вынашивающие эмбрионов во всех возможных стадиях развития и молодью; в августе количество самок с молодью сократилось в два раза. Нерестовый сезон в 2021 г. включал период июнь – начало сентября, в первой половине осени он должен был завершиться. Реализованная плодовитость достигала 36 яиц, размером (длиной) у только что отложенных ( $0,5 \pm 0,04$ ) мм. Потери яиц за время эмбриогенеза могли достигать 47%. Количество молодежи в марсупиумах составило 1–15 экз., длина тела вылупившихся рачков – 0,4–1,75 мм. Данных, подтверждающих двухкратность нереста самок *G. varsoviensis* из р. Преголи в течение одного года, не отмечено.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках темы ИП НИР ФГБОУ ВО «КГТУ» «Эколого-фаунистическая характеристика гидробионтов из водоемов Калининградской области и некоторых районов Мирового океана» (Рег. № 13.13.036.2).

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Е.М. Панкратова (Казанский федеральный университет) за создание карты-схемы сбора материалов (рис. 1).

### ЛИТЕРАТУРА

Асочаков А.А., Юркова А.А. 2010. Реконструктивное описание плодовитости

*Gammarus lacustris* (Crustacea; Amphipoda) из озера Кривое по данным Н.П. Финогеновой, опубликованным в 1975 году. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. № 1-1 (40). С. 6–9.

Березина Н.А. 2004. Причины, особенности и последствия распространения чужеродных видов амфипод в водных экосистемах Европы. В кн. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах (под ред. Алимова А.Ф., Богущкой Н.Г.). Москва – Санкт-Петербург: Тов-во научных изданий КМК. С. 254–268.

Боголюбов А.С., Кравченко М.В. 2018. Компьютерный цифровой атлас-определитель пресноводных беспозвоночных России. Москва: Экосистема (на компакт-диске для PC): URL: <https://ecosystema.ru/08nature/w-invert/089.htm>.

Буруковский Р.Н., Судник С.А., Гусев А.А. 2019. Определитель амфипод (Crustacea, Amphipoda) водоёмов Калининградской области. *Монография*. Калининград: Промышленная типография «Бизнес Контакт». 172 с.

Визер А.М. 2006. Акклиматизация байкальских гаммарид и дальневосточных мизид в Новосибирском водохранилище. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Томск. 173 с.

Грезе И.К. 1977. Амфиподы Черного моря и их биология. Киев: Наукова думка. 156 с.

Гринцов В.А. 2022. Амфиподы Чёрного моря. Иллюстрированный атлас-определитель. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ имени А.О. Ковалевского РАН. 476 с.

Гусев А.А., Ежова Е.Е., Гусева Д.О., Рудинская Л.В. 2012. Высшие раки (Malacostraca) водоемов Калининградской области. Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод:

- Сборник лекций и докладов Международной школы-конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН. Кострома: ООО Костромской печатный дом. С. 170–173.
- Гусев А.А., Рудинская Л.В. 2014. Современный видовой состав зообентоса Вислинского залива и его сравнение с аналогичными данными 20-х годов XX века. Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010–2013 годах. *Труды АтлантНИРО*. Т. 1. Калининград. С. 100–122.
- Иоффе Ц.И. 1974. Обогащение кормовой базы для рыб в водохранилищах СССР путем акклиматизации беспозвоночных. *Известия ГосНИОРХ*. Т. 100. С. 3–226.
- Икко Н.В. 2010. Половая структура популяции *Gammarus oceanicus* (Crustacea: Amphipoda) в Кольском заливе. *Современные проблемы науки и образования*. № 1. С. 12–17.
- Карта Google – Берлинский мост. URL: <https://www.google.com/maps/place/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82/@54.6934738,20.598513,15z/data=!4m6!3m5!1s0x46e317ebe7736e6d:0xcbf16c1bd38045f!8m2!3d54.6934738!4d20.598513!16s%2Fg%2F12321hb5?entry=tту> (дата обращения: 09.01.2024).
- Липинская Т.П., Макаренко А.И. 2019. Сравнительный анализ хищного поведения инвазивного *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) и аборигенного *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 видов амфипод. *Российский журнал биологических инвазий*. № 3. С. 5365.
- Любина О.С., Саяпин В.В. 2008. Амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) из различных географических районов: видовой состав, распределение, экология. *Монография*. Апатиты: Кольский научный центр РАН. 182 с.
- Макаренко А.И. 2015. Размерные характеристики чужеродных и аборигенных видов амфипод в Беларуси. *Вести Национальной академии наук Беларуси*. № 1. С. 100–105.
- Макаренко А.И. 2018. Размерно-весовые зависимости нативных и чужеродных видов амфипод (Amphipoda, Crustacea) на территории Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета*. № 4. С. 20–28.
- Макаренко А.И., Вежновец В.В. 2014. Современное распределение чужеродных и аборигенных видов отряда Amphipoda Latreille, 1816 на территории Беларуси. *Вести Национальной академии наук Беларуси*. № 4. С. 95–99.
- Островский И.С. 1990. Экология *Gammarus lacustris* Sars в озере Сев-Лич. Вид в ареале, биология, экология и продуктивность водных беспозвоночных. Минск: Наука и техника. С. 37–42.
- Рубахина С.Г. 2000. Особенности биологии массовых видов амфипод на литорали Белого моря. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Петрозаводск. 122 с.
- Тахтеев В.В., Сидоров Д.Д. 2012. Разнообразие и распределение амфипод континентальных вод Северной Евразии. Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: *Сборник лекций и докладов Международной школы-конференции*. ИБВВ РАН. Борок. С. 102–107.
- Тихонова Е.Н., Кабалтынов Р.М. 2007. Морфологический анализ байкальских амфипод *Pallasea cancellus* из реки Ангары. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. № 1 (53). С. 90–94.
- Arbaciauskas K. 2015. Report services on the status of species of European Community importance and on invasive plant and an-

- imal species. Technical speciation of the bald dallies in 2014-2015 to assess and predict the distribution and abundance parameters of these invasive invertebrate species – the hard – billed flycatcher (*Pontogammarus robustoides*), the lacustrine mysid (*Paramysis lacustris*), and their changes. *Contract*. № 28. P. 53. TP-2014-90-EU (2014.10.29).
- Dahl E. 1946. The Amphipoda of the Sound. Terrestrial amphipoda. *Lunds Universitets Årsskrift*. № 42. Part 1. P. 1–53.
- Grabowski M., Bączela K., Konopacka A. 2007. How to be an invasive gammarid (Amphipoda: Gammaroidea) – comparison of life history traits. *Hydrobiologia*. № 590. P. 75–84.
- Grabowski M., Mamos T., Rewicz T. et al. 2012a. *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 (Amphipoda, Gammaridae): a long overlooked species in Ukrainian rivers. *North-Western Journal of Zoology*. № 8(1). P. 198–201.
- Grabowski M., Rewicz T., Konopacka A. et al. 2012b. Cryptic invasion of Baltic lowlands by freshwater amphipod of Pontic origin. *Aquatic Invasions*. Vol. 7. Iss. 3. P. 337–346. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.005>.
- Eggers T.O., Martens A. 2001. A key to the freshwater Amphipoda (Crustacea) of Germany. *Lauterbornia*. № 42. 68 p.
- Jazdzewski K. 1975. Remarks on *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863, with description of *Gammarus varsoviensis* n. sp. (Crustacea, Amphipoda). *Bijdragen tot de dierkunde*. Vol. 45. Iss. 1. P. 71–86.
- Konopacka A. 1988. Life history of *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 from Kampinoski National Park (Central Poland). *Zoologica Poloniae*. № 35. P. 165–177.
- Manfred P., Bruce W.W., Sutcliffe D.W. 2003. Life history and reproductive capacity of *Gammarus fossarum* and *G. roeseli* (Crustacea: Amphipoda) under naturally fluctuating water temperatures: a simulation study. *Freshwater Biology*. № 48. P. 53–66.
- Morritt D., Spicer J.I. 1993. A brief re-examination of the function and regulation of extracellular magnesium and its relationship to activity in crustacean arthropods. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 106A. P. 19–23.
- Scapini F. 2002. Baseline research for the integrated sustainable management of Mediterranean sensitive coastal ecosystems. A manual for coastal managers, scientists and all those studying coastal processes and management in the Mediterranean. Istituto Agronomico per l'Oltremare. 223 p.
- Semenchenko V., Son M.O., Nowitzki R. et al. 2016. Checklist of non-native benthic macroinvertebrates and fish in the Dnieper River basin. *Bioinvasion Records*. Vol. 5. Iss. 3. P. 185–187. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bear.2016.5.3.10>.
- Williams J.A. 1978. The annual pattern of reproduction of *Talitrus saltator* (Crustacea: Amphipoda: Talitroidea). *Journal of Zoology*. № 184. P. 231–244.
- Zettler M.L., Zettler A. 2017. Marine and freshwater Amphipoda from the Baltic Sea and adjacent territories. *Journal Die Tierwelt Deutschlands*. Vol. 83. P. 845.

## REFERENCES

- Asochakov A.A., Yurkova A.A. 2010. Reconstructive description of the fertility of *Gammarus lacustris* (Crustacea; Amphipoda) from Lake Krivoe according to N.P. Finogenova, published in 1975. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk (International Journal of Humanities and Natural Sciences)*. № 1-1(40). P. 6–9 (in Russian).

- Berezina N.A. 2004. Causes, features and consequences of the spread of alien species of amphipods in aquatic ecosystems of Europe. In: Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems (ed. Alimova A.F., Bogutskoy N.G.). Moscow – St. Petersburg: KMK Scientific Press Ltd. Publ. P. 254–268 (in Russian).
- Bogolyubov A.S., Kravchenko M.V. 2018. Computer digital atlas-determinant of freshwater invertebrates of Russia. Moscow: Ecosystem (on CD for PC). URL: <https://ecosystema.ru/08nature/w-invert/089.htm>. (in Russian).
- Burukovsky R.N., Sudnik S.A., Gusev A.A. 2019. The determinant of amphipods (Crustacea, Amphipoda) of reservoirs of the Kaliningrad region. *Monograph*. Kaliningrad: Business Contact Publ. 172 p. (in Russian).
- Vizer A.M. 2006. Acclimatization of Baikal gammarids and Far Eastern mysids in the Novosibirsk reservoir. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Tomsk. 173 p. (in Russian).
- Grese I.K. 1977. Amphipods of the Black Sea and their biology. Kyiv: Naukova Dumka Publ. 156 p. (in Russian).
- Grintsov V.A. 2022. The Amphipods of the Black Sea: an illustrated definitive atlas. Sevastopol: IBSS Publ. 476 p. (in Russian).
- Gusev A.A., Yezhova E.E., Guseva D.O., Rudinskaya L.V. 2012. Higher crayfish (Malacostraca) of the reservoirs of the Kaliningrad region. *Proceedings of the International school-conference “Actual problems of studying crustaceans of continental waters”*. Kostroma. P. 170–173 (in Russian).
- Gusev A.A., Rudinskaya L.V. 2014. The modern species composition of the zoobenthos of the Vislinsky Bay and its comparison with similar data from the 20s of the twentieth century. Commercial biological research of AtlantNIRO in 2010–2013. *Trudy AtlantNIRO (Proceedings of AtlantNIRO)*. Vol. 1. Kaliningrad. P. 100–122 (in Russian).
- Ioffe C.I. 1974. Enrichment of the fish food supply in the reservoirs of the USSR by acclimatization of invertebrates. *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo hozyajstva (Proceedings of the State Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries)*. Vol. 100. P. 3–226 (in Russian).
- Ikko N.V. 2010. The sexual structure of the *Gammarus oceanicus* (Crustacea: Amphipoda) population in the Kola Bay. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (Modern Problems of Science and Education)*. № 1. P. 12–17 (in Russian).
- Google map – Berlin Bridge. URL: <https://www.google.com/maps/place/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82/@54.6934738,20.598513,15z/data=!4m6!3m5!1s0x46e317ebe7736e6d:0xcbf16c1bd38045f!8m2!3d54.6934738!4d20.598513!16s%2Fg%2F12321hb5?entry=ttu> (accessed: 09.01.2024).
- Lipinskaya T.P., Makarenko A.I. 2019. Comparative analysis of predatory behavior of invasive *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) and native *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 species of amphipods. *Rossiiskij zhurnal biologicheskikh invazij (Russian Journal of Biological Invasions)*. № 3. P. 53–65 (in Russian).
- Lyubina O.S., Sayapin V.V. 2008. Amphipods (Amphipoda, Gammaridea) from various geographical areas: species composition, distribution, ecology. *Monograph*. Apatity: Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ. 182 p. (in Russian).

- Makarenko A.I. 2015. Dimensional characteristics of alien and native amphipod species in Belarus. *Vesti Nacional'noj Akademii Nauk Belarusi (Proceedings of the National Academy of sciences of Belarus)*. № 1. P. 100–105 (in Russian).
- Makarenko A.I. 2018. The size and weight dependences of native and alien species of amphipods (Amphipoda, Crustacea) on the territory of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta (Journal of the Belarusian State University)*. № 4. P. 20–28 (in Russian).
- Makarenko A.I., Vezhnovets V.V. 2014. The modern distribution of alien and native species of the order Amphipoda Latreille, 1816 on the territory of Belarus. *Vesti Nacional'noj Akademii Nauk Belarusi (Proceedings of the National Academy of sciences of Belarus)*. № 4. P. 95–99 (in Russian).
- Ostrovsky I.S. 1990. Ecology of *Gammarus lacustris* Sars in Lake Sevlich. Species in the range, biology, ecology and productivity of aquatic invertebrates. Minsk: Science and Technology Publ. P. 37–42 (in Russian).
- Rubakhina S.G. 2000. Features of biology of mass species of amphipods on the littoral of the White Sea. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petrozavodsk. 122 p. (in Russian).
- Takhteev V.V., Sidorov D.D. 2012. Diversity and distribution of amphipods in the continental waters of Northern Eurasia. *Proceedings of the International School-Conference "Actual problems of studying crustaceans of continental waters"*. Borok. P. 102–107 (in Russian).
- Tikhonova E.N., Kayaltynov R.M. 2007. Morphological analysis of Baikal amphipods *Pallasea cancellus* from the Angara River. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskih nauk (Bulletin of Eastern-Siberian scientific center of Siberian Department of the Russian Academy of Medical Sciences)*. № 1(53). P. 90–94 (in Russian).
- Arbaciauskas K. 2015. Report services on the status of species of European Community importance and on invasive plant and animal species. Technical speciation of the bald dallies in 2014-2015 to assess and predict the distribution and abundance parameters of these invasive invertebrate species – the hard – billed flycatcher (*Pontogammarus robustoides*), the lacustrine mysid (*Paramysis lacustris*), and their changes. *Contract*. № 28. P. 53. TP-2014-90-EU (2014.10.29).
- Dahl E. 1946. The Amphipoda of the Sound. Terrestrial amphipoda. *Lunds Universitets Årsskrift*. № 42. Part 1. P. 1–53.
- Grabowski M., Baćela K., Konopacka A. 2007. How to be an invasive gammarid (Amphipoda: Gammaroidea) – comparison of life history traits. *Hydrobiologia*. № 590. P. 75–84.
- Grabowski M., Mamos T., Rewicz T. et al. 2012a. *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 (Amphipoda, Gammaridae): a long overlooked species in Ukrainian rivers. *North-Western Journal of Zoology*. № 8(1). P. 198–201.
- Grabowski M., Rewicz T., Konopacka A. et al. 2012b. Cryptic invasion of Baltic lowlands by freshwater amphipod of Pontic origin. *Aquatic Invasions*. Vol. 7. Iss. 3. P. 337–346. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.005>.
- Eggers T.O., Martens A. 2001. A key to the freshwater Amphipoda (Crustacea) of Germany. *Lauterbornia*. № 42. 68 p.
- Jazdzewski K. 1975. Remarks on *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863, with description of *Gammarus varsoviensis* n. sp. (Crustacea, Amphipoda). *Bijdragen tot de dierkunde*. Vol. 45. Iss. 1. P. 71–86.

- Конюшак А. 1988. Life history of *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 from Kampinoski National Park (Central Poland). *Zoologica Poloniae*. № 35. P. 165–177.
- Manfred P., Bruce W.W., Sutcliffe D.W. 2003. Life history and reproductive capacity of *Gammarus fossarum* and *G. roeseli* (Crustacea: Amphipoda) under naturally fluctuating water temperatures: a simulation study. *Freshwater Biology*. № 48. P. 53–66.
- Morritt D., Spicer J.I. 1993. A brief re-examination of the function and regulation of extracellular magnesium and its relationship to activity in crustacean arthropods. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 106A. P. 19–23.
- Scapini F. 2002. Baseline research for the integrated sustainable management of Mediterranean sensitive coastal ecosystems. A manual for coastal managers, scientists and all those studying coastal processes and management in the Mediterranean. Instituto Agronomico per l'Oltremare. 223 p.
- Semenchenko V., Son M.O., Nowitzki R. et al. 2016. Checklist of non-native benthic macroinvertebrates and fish in the Dnieper River basin. *Bioinvasion Records*. Vol. 5. Iss. 3. P. 185–187. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bear.2016.5.3.10>.
- Williams J.A. 1978. The annual pattern of reproduction of *Talitrus saltator* (Crustacea: Amphipoda: Talitroidea). *Journal of Zoology*. № 184. P. 231–244.
- Zettler M.L., Zettler A. 2017. Marine and freshwater Amphipoda from the Baltic Sea and adjacent territories. *Journal Die Tierwelt Deutschlands*. Vol. 83. P. 845.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ширяева Наталья Сергеевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; аспирант, специалист по учебно-методической работе кафедры водные биоресурсы и аквакультура; [natalya.pushkina@klgtu.ru](mailto:natalya.pushkina@klgtu.ru). SPIN-код: 2400-2580, Author ID: 1227333.

**Shiryayeva Natalia Sergeevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Post-graduate, Specialist in Educational and Methodological Work of the Aquatic Bioresources and Aquaculture Chair; [natalya.pushkina@klgtu.ru](mailto:natalya.pushkina@klgtu.ru). SPIN-code: 2400-2580, Author ID: 1227333.

**Судник Светлана Александровна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат биологических наук, доцент кафедры водные биоресурсы и аквакультура; [svetlana.sudnik@klgtu.ru](mailto:svetlana.sudnik@klgtu.ru). SPIN-код: 1762-4196, Author ID: 504370; Scopus ID: 6506749999.

**Sudnik Svetlana Alexandrovna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Aquatic Bioresources and Aquaculture Chair; [svetlana.sudnik@klgtu.ru](mailto:svetlana.sudnik@klgtu.ru). SPIN-code: 1762-4196, Author ID: 504370; Scopus ID: 6506749999.

Статья поступила в редакцию 15.07.2024; одобрена после рецензирования 28.08.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 15.07.2024; approved after reviewing 28.08.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Ширяева Н.С., Судник С.А. 2024. Особенности биологии *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) в среднем течении реки Преголи в июле – сентябре 2021 года. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 54–72. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-54-72>.

For citation: Shiryayeva N.S., Sudnik S.A. 2024. Features of the biology of *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) in the middle current of the Pregolya river in July – September 2021. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 54–72 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-54-72>.

Научная статья

УДК 631.4(571.66)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-73-86

## ГРЯДОВО-БУГРИСТЫЙ РЕЛЬЕФ НА ПЛАТО УКСИЧАН СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ: РОЛЬ МЕРЗЛОТЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Казаков Н.В., Дульченко Е.В.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

Глобальное потепление оказывает влияние на состояние многолетней мерзлоты, активизируя эрозионные процессы, усложняющие хозяйственную деятельность в криолитозоне. В связи с этим все более актуальным становится изучение форм рельефа, образованных при участии мерзлотных факторов. В среднегорье Камчатки наиболее ярко эти процессы протекают на высотах 800–1 000 м. Мерзлотное пучение грунта здесь тесно связано с типом растительного покрова. В настоящей статье приводятся описания почв и специфического мезорельефа склона базальтового плато Уксичан Срединного хребта Камчатского полуострова в зоне стланиковых лесов и мозаичного проявления многолетней мерзлоты. Впервые описывается специфическая форма рельефа, названная нами «грядово-бугристая». Предлагается вероятный сценарий его формирования и роль растительного покрова в длительном сохранении свойственной этому району многолетней мерзлоты.

**Ключевые слова:** горная тундра, грядово-бугристый мезорельеф, Камчатка, кедровый стланик, многолетняя мерзлота.

Original article

## RIDGE-HUMMOCK RELIEF ON THE UKSICHAN PLATEAU OF THE SREDINNY RANGE OF KAMCHATKA: THE ROLE OF PERMAFROST AND VEGETATION

Kazakov N.V., Dulchenko E.V.

Kamchatka Branch of Pacific Geophysical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

The global warming affects the state of permafrost, activating erosion processes that complicate economic activity in the cryolithozone. In this regard, the study of relief forms formed with the participation of permafrost factors is becoming increasingly relevant. In the Middle Mountains of Kamchatka, these processes are most pronounced at altitudes of 800–1 000 m. Permafrost heaving of soil in this area is closely related to the vegetation type. This article provides descriptions of soils and specific mesorelief of the Uksichan basalt plateau slope in Sredinny Range of Kamchatka in the zone of dwarf forests and mosaic manifestation of permafrost. We provide first description of a specific relief form, which we called “ridge-hummocky”. A probable scenario of its formation and the role of vegetation in the long-term preservation of permafrost typical for this region are proposed.

**Key words:** mountain tundra, ridge-hummocky mesorelief, Kamchatka, dwarf pine, permafrost.

## ВВЕДЕНИЕ

Район исследований расположен в центральной части Срединного хребта, в бассейне ручья Убойного, левого притока р. Быстрой (Козыревской) на периферии неоген-плейстоценового вулканического плато Уксичан, на абсолютных высотах 900–1 300 м. Для Срединного хребта, судя по данным метеостанции Эссо, характерны отрицательные среднегодовые температуры ( $-3,8^{\circ}\text{C}$ ), низкие январские ( $-20,1^{\circ}\text{C}$ ) и довольно высокие июльские ( $13^{\circ}\text{C}$ ) [Справочник ..., 1966]. Годовые перепады температуры здесь достигают  $45^{\circ}\text{C}$ . Сумма осадков не превышает 400 мм. На горных плато температуры ниже и осадков меньше, так как снег здесь сдувается сильными ветрами, что создает благоприятные условия для промерзания почв. Подобные метеорологические показатели способствуют сохранению в горных районах Срединного хребта многолетней мерзлоты. В центральной части Камчатского полуострова на плато Уксичан (высота около 1 000 м) были обнаружены многолетнемерзлые породы и впервые выявлены следы интенсивного термокарста в виде просадочных водоемов и полигональной сети эрозионно-термокарстовых депрессий [Романенко, Гаранкина, 2011]. Останцово-термокарстовый рельеф свидетельствует о современной деградации многолетнемерзлых пород Срединного хребта, которые, вероятно, в значительной мере являются реликтами более холодных периодов. В раннем, среднем и позднем плейстоцене отмечались три крупных периода похолодания, когда границы мерзлых пород спускались на равнины [Ершов, Гирина, 1997]. В позднем голоцене также происходило расширение площади и увеличение мощности (до 60 м) мерзлых грунтов в долинах и среднем высокогорье [Брайцева и др., 1968]. Прошлая дея-

тельность ледников и современные мерзлотные процессы сформировали большое разнообразие наблюдаемых форм микро- и нанорельефа поверхности в изученном районе.

Нами в ходе проведения почвенной съемки на территории Быстринского природного парка на небольшом участке вулканического плато был обнаружен не описанный ранее достаточно необычный тип рельефа. Изучение строения его почвенного покрова позволило предложить сценарий формирования этого типа рельефа. Настоящая работа посвящена обсуждению возможной истории его образования, реконструированной с помощью анализа строения изученных нами почвенных профилей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район работ расположен в пределах Центрально-Камчатского вулканического пояса. Первые сведения об участке необычного рельефа были получены в процессе почвенной съемки масштаба 1 : 25 000 территории бассейна ручья Убойного, левого притока р. Быстрой (Козыревской). Исследование рельефа на выбранном для изучения участке склона плато было проведено маршрутным методом. Космоснимки изучаемого участка были получены с помощью программы «SAS.Планета». Обсуждаемый участок располагался на склоне плато над поселком Эссо, в 250 м на юго-восток от репера «Усть-Уксичан» (1 034,2 м), на высоте около 920 м над уровнем моря, на вогнутом склоне юго-восточной экспозиции с общим уклоном около 10 градусов. У края плато крутизна склона составляла 30–40 градусов и постепенно выполаживалась вниз по склону. Всего было заложено два почвенных разреза на расстоянии 5 м друг от друга: один – в ложбине между грядами, глубиной до элювия коренных пород, второй – на бли-

жайшем гребне, глубиной до плотной мерзлоты. Линейные параметры рельефа измерялись рулеткой 25 м. При описании растительного покрова фиксировалась высота кустарникового яруса, состав доминантных видов, наличие и плотность мохово-травяного покрова. При описании почвенных разрезов использована индексация почвенных горизонтов и пепловых прослоек, предложенная в работе С.В. Зонна с соавторами [1963], органогенных горизонтов – в работе В.М. Кочерьяна [1990].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаруженный нами участок с необычным рельефом и специфическим растительным покровом расположен на современной солифлюкционной террасе плато Уксихан. Растительный покров участка сформирован зарослями кедрового стланика (*Pinus pumila*), которые имеют форму полос, ориентированных вдоль склона лавового плато (рис. 1, А). Понижения между полосами кедрового стланика покрыты

низкими зарослями ивы (*Salix arctica* sp.) и карликовой березки (*Betula exilis*). Для выявления механизмов формирования данного типа рельефа на пологом склоне плато юго-восточной экспозиции были заложены два почвенных разреза, они указаны на том же рисунке (рис. 1, Б).

Геологическое строение этого участка в целом типично для районов активной вулканической деятельности четвертичного и дочетвертичного возраста. В строении плато преобладают базальты и трахиты, перекрытые голоценовым почвенно-пирокластическим чехлом мощностью не более 2–3 м, а также элювиальными валунно-глыбовыми отложениями, мощностью более 30–50 см с заполнением глинисто-песчано-алевритовым материалом [Шеймович и др., 1978].

Четвертичные отложения представлены склоновыми образованиями, маломощным щебнисто-галечным аллювием в долинах небольших водотоков и озерно-болотными отложениями в долинах и на перевальных седловинах.



Рис. 1. Внешний вид поверхности грядово-бугристого рельефа и места заложения почвенных разрезов на разномасштабных космоснимках: с более мелким (А) и более крупным масштабом (Б)

Fig. 1. External appearance of the ridge-hummocky relief surface and locations of soil pits seen in the satellite images of different scales: with a smaller (A) and larger scale (B)

Ледниковые отложения распространены в виде небольших по площади участков горных глыбовых абляционных морен в их днищах. Чаще встречаются водно-ледниковые отложения, представленные галечниками с заполнением песчано-суглинистым материалом. В целом четвертичный чехол распространен неравномерно, и его мощность составляет не меньше 4–5 м [Апрелков и др., 1978]. Схема четвертичных отложений в районе бассейна ручья Убойного показана на рисунке 2. Для ее составления авторы использовали отчеты геологической съемки [Апрелков и др., 1978; Шеймович и др., 1978]. Согласно этой схеме, контур глядово-бугристого рельефа поверхности приурочен к современным солифлюкционным террасам.

Поверхность склона покрыта полосами (гривами) кедрового стланика (*Pinus pumila*) шириной до 20 м с глубокими ложбинами между ними, достигающими ширины 3–5 м, поросшими ивой (*Salix arctica* sp.), голубикой (*Vaccinium uliginosum*) и карликовой березкой (предположительно *Betula exilis*). Превышения высоты бугров над днищем ложбин составляют от 0,5 до 0,8 м. Общее направление ложбин – вдоль склона, на более выположенных участках ориентация ложбин теряется, гривы, на которых произрастает кедровый стланик, приобретают вид вытянутых и округлых бугров, как это показано на рисунке 1, А и Б. Профили почвенных разрезов 1 и 2, их размещение в рельефе, растительный покров поверхности и соотношения почвенных горизонтов представлены на рисунке 3.

Как уже ранее говорилось, индексация горизонтов почв на рисунке 3 приведена в соответствии с таковыми в работах С.В. Зонна с соавторами [1963] и В.М. Кочерьяна [1990].

**Разрез 1** заложен 15 сентября 1991 г. в средней части плоского днища ложбины

между двумя гривами, поросшей голубикой, ивой и карликовой березкой.

Горизонт О1 залегает на глубине 0–1 см и состоит из лишайников, опада кустарничков, переход к следующему горизонту резкий, с ровной границей.

Горизонт Ad залегает на глубине 1–11 см, представляет собой плотную дернину с категорией влажности «свежий», коричнево-серый, легкосуглинистый, мелкопоросистый, рыхлый, в верхней части имеет слабую белесоватую прокраску, на нижней границе мелкие угольки, переход между горизонтами заметный, граница мелковолнистая, волны прослеживаются от 11 до 13 см.

Горизонт А1 + П залегает на глубине 11–26 см, состоит из перемешанных слоев супесчаного пепла желто-серого цвета, в разной степени прокрашенные гумусом, пятен суглинка округлой формы, бурочерного цвета и вертикальной прожилки желтого супесчаного пепла по центру стенки разреза, включает обильные тонкие корни, влажный, порошисто-зернистый с постепенным переходом к следующему горизонту. Вероятно, что данный горизонт образован при перемешивании грунта в ходе мерзлотных и водно-эрозионных процессов.

Горизонт Впогр залегает на глубинах 26–36 см, желто-бурый, мраморовидный с заметной горизонтальной слоеватостью, состоит из пеплов, легкого суглинка – супеси, имеется немного тонких корней кустарничков, переход ясный, граница ровная.

Горизонт Пж залегает на глубинах 36–42 см, представлен ярко-желтым супесчаным пеплом с горизонтальной параллельной слоистостью, ненарушенный, бесструктурный, с редкими пятнами черного цвета (угольками), корней меньше, чем в Впогр, нижняя граница слабоволнистая.

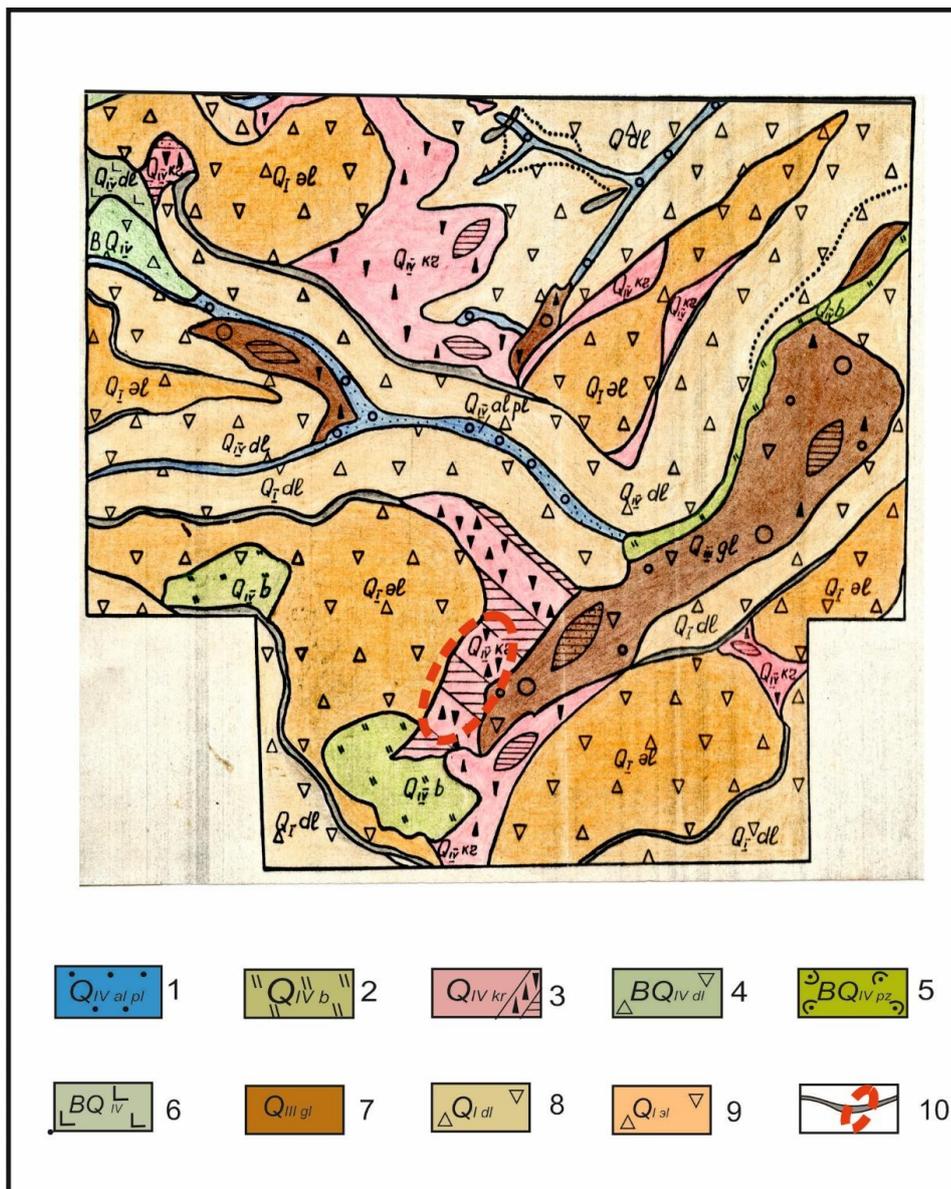


Рис. 2. Схема четвертичных отложений бассейна ручья Убойного. М 1 : 25 000. Красным пунктиром (10) показано расположение исследованного участка. Условные обозначения: 1 – современные аллювиально-пролювиальные отложения: валунно-галечный материал, песок; 2 – современные болотные отложения; 3 – современные образования солифлюкционных или криговых террас: супесь, суглинок, дресва, пепел; 4 – делювий современных базальтов: грубообломочный, глыбовый материал; 5 – современные шлаки базальтового состава; рыхлый оплавленный материал; 6 – современные базальты: скальный крупнообломочный материал; 7 – древнечетвертичные ледниковые отложения: грубоокатанный валунно-галечный материал, глыбовый материал, линзы супеси и суглинка; 8 – делювий нижнечетвертичных  $\beta_1$ ,  $\alpha - \beta_1$  игнимбригов и т. д.; грубообломочный, глыбовый материал, щебень; 9 – элювий нижнечетвертичных пород среднего состава  $\beta_1$ ,  $\alpha - \beta_1$ , игнимбриги и их туфы; щебенистый и грубообломочный глыбовый материал; 10 – скальные обрывы, расположение участка с грядово-бугристым рельефом поверхности

Fig. 2. Scheme of Quaternary deposits of the Uboyny stream basin. M 1 : 25 000. The red dotted line (10) shows the location of the studied area. Legends: 1 – modern alluvial-proluvial deposits: boulder-pebble material, sand; 2 – modern bog deposits; 3 – modern formations of solifluction or kryg terraces: sandy loam, clay loam, gruss, ash; 4 – colluvium of modern basalts: coarse-grained, blocky material; 5 – modern scoria of basaltic composition; loose fused material; 6 – modern basalts: rocky coarse-grained material; 7 – old quaternary glacial deposits: coarsely rounded boulder-pebble material, blocky material, lenses of sandy loam and loam; 8 – colluvium of lower quaternary  $\beta_1$ ,  $\alpha - \beta_1$  ignimbrites, etc.; coarse-grained, blocky material, crushed stone; 9 – eluvium of lower quaternary rocks of average composition  $\beta_1$ ,  $\alpha - \beta_1$ , ignimbrites and their tuffs; crushed-stone and coarse-grained blocky material; 10 – rocky cliffs, location of the site with ridge-hummocky surface relief

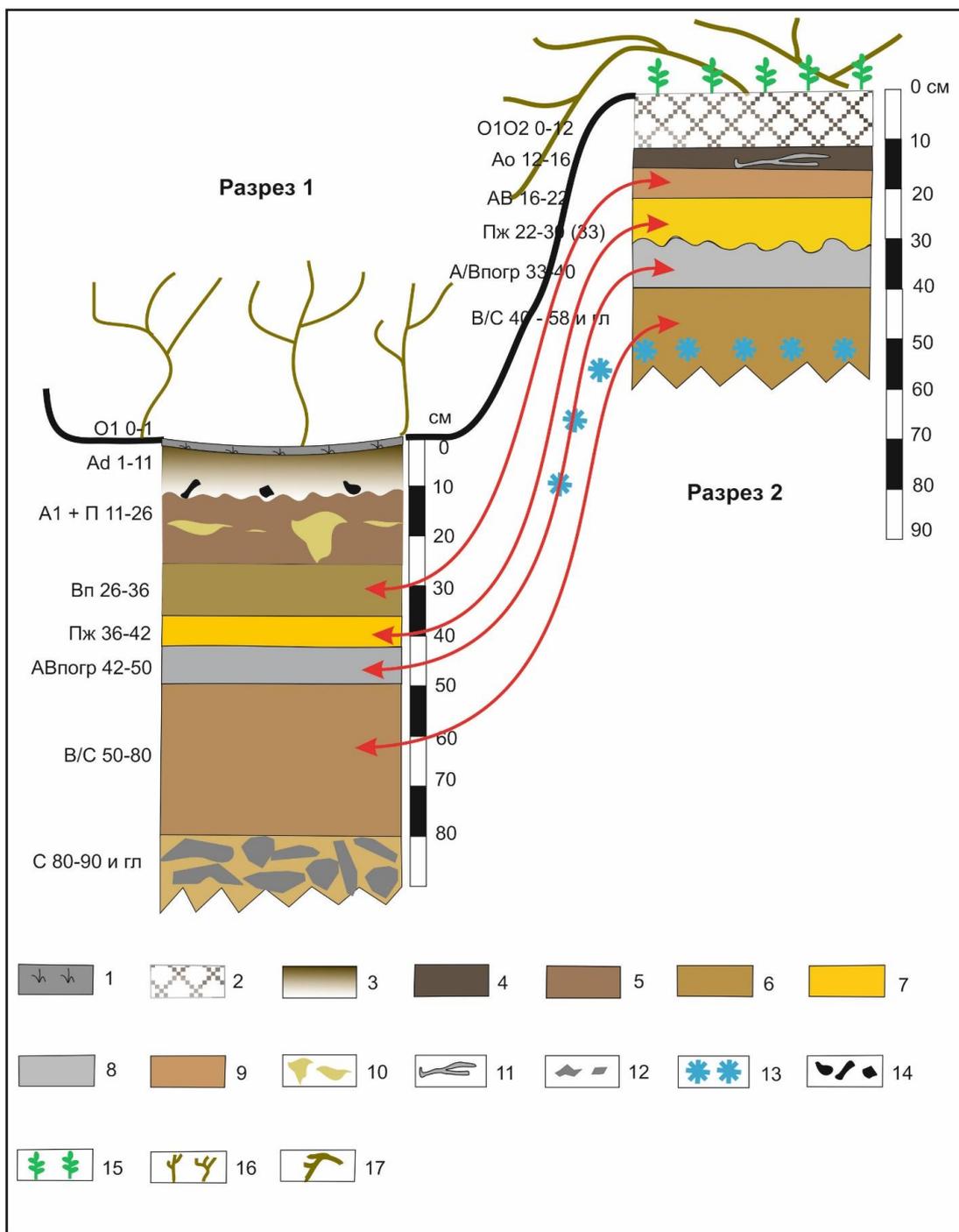


Рис. 3. Строение почв участка грядово-бугристого рельефа на склоне плато Уксичан. Условные обозначения: 1 – горизонт O1, опад трав; 2 – органогенно-опадный горизонт; 3 – дерновый горизонт, легкий суглинок; 4 – перегнойный горизонт; 5 – переходный горизонт АВ; 6 – погребенный горизонт В; 7 – прослойка желтого вулканического пепла; 8 – погребенный переходный горизонт АВ; 9 – горизонт В; 10 – линзы желтого вулканического пепла в толще горизонта А1; 11 – включения корней и стволов кедрового стланика; 12 – элювий, неокатанные камни; 13 – поверхностная граница мерзлых отложений на 15.09.1991 г.; 14 – включения угольков; 15 – зеленые мхи; 16 – карликовая береза, ива; 17 – кедровый стланик

Fig. 3. Soil structure of the ridge-hummocky relief area on the slope of the Uksichan plateau. Legends: 1 – horizon O1, grass litter; 2 – organogenic-litter horizon; 3 – sod horizon, light loam; 4 – humus horizon; 5 – transitional horizon AB; 6 – buried horizon B; 7 – layer of yellow volcanic ash; 8 – buried transitional horizon AB; 9 – horizon B; 10 – lenses of yellow volcanic ash in the thickness of horizon A1; 11 – inclusions of roots and trunks of dwarf pine; 12 – eluvium, rough stones; 13 – surface boundary of frozen deposits on 15.09.1991; 14 – Inclusions of coals; 15 – Green mosses; 16 – Dwarf birch, willow; 17 – Siberian dwarf pine

Горизонт АВпогр представляет собой тиксотропичный средний суглинок, залегает на глубине 42–50 см, серовато-палевый, тонкопористый, липкий, сырой, уплотненный, с редкими корнями, порошисто-зернистый. Переход постепенный, граница ровная.

Горизонт В/С залегает на глубинах 50–80 см, представляет собой палевый со слабыми ржавыми пятнами оглеения суглинок, пористый, комковато-зернистый, сырой, включает (до 1% объема) мелкую дресву и камни, редкие тонкие корни, переход к следующему горизонту постепенный.

Горизонт С залегает на глубинах 80–90 см и глубже, представляет собой плотный, палевый, сырой суглинок с камнями до 50% объема, камни неокатанные, собственные элюво-делювию.

В целом почву этого разреза можно отнести к горно-тундровой, дерновой погребенногумусовой с признаками глубокой глееватости.

**Разрез 2** заложен 15 сентября 1991 г. на плоской вершине гривы, покрытой кедровым стлаником багульниково-зеленомошным.

Горизонт О1 + О2 залегает на глубинах от 0 до 12 см и представлен светло-бурым, рыхлым, среднеразложившимся опадом мхов и хвои кедрового стланика. Горизонт пронизан корнями и стволами кедрового стланика, сырой, переход постепенный, граница волнистая.

Горизонт Ао залегает на глубинах от 12 до 16 см и представлен серовато-бурым, хорошо разложившимся опадом с минеральной частью легкого суглинка светло-сероватого цвета. Горизонт крупно-комковатый, рыхлый, содержит живые стволы и корни кедрового стланика до 20% объема, переход резкий, граница волнистая.

Горизонт АВ залегает на глубинах от 16 до 22 см и представлен комковато-

зернистым средним суглинком, белесовато-бурым, с отдельными редкими черными пятнами. Он содержит много неразложившихся растительных остатков, мелкие угольки, обильные корни, переход к следующему горизонту постепенный, граница волнистая.

Горизонт Пж залегает на глубинах от 22 до 30 (33) см и представлен тонкопористым, уплотненным, супесчаным вулканическим пеплом, сильно прокрашенным в верхней части коричневым и слабосерым, осветляющимся до желтого в нижней части. Горизонт содержит много мелких корней, пепел аналогичен таковому в горизонте Пж 36–42 см разреза 1. Переход ясный, граница мелкоязычковатая, потечная до 33 см.

Горизонт А/Впогр залегает на глубинах от 30 (33) до 40 см и представлен темно-серым с коричневым оттенком, уплотненным средним суглинком, содержит обильные мелкие корни, редкие крупные углистые пятна, в верхней части сырой, переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету.

Горизонт В/С залегает на глубинах от 40 до 59 см и глубже и представлен палевыми легкосуглинистыми пеплами, перемешанными мерзлотой. Горизонт мелкозернистый, сырой, в нижней части мокрый, участками встречаются пятна более темного и светлого цвета. От 50 см и глубже почва более светлая, мерзлая, с 53 см залегает плотная льдистая мерзлота, без камней, копается с трудом.

Почва этого разреза, согласно классификационной схеме В.М. Кочерьяна [1990], отнесена нами к горно-тундровой, опадно-органогенной погребенногумусовой сезонно-мерзлотной почве.

В прежние годы внимание исследователей в большей степени привлекало изучение крупных форм рельефа, образованных мерзлотными процессами. Этим ис-

следованиям посвящено множество работ в области инженерной геологии, а также геоботаники и мерзловедения. Мерзлота формирует как крупные бугры пучения – формы мезорельефа, так и кочки, кольца, бугры пучения, солифлюкционные террасы – формы рельефа, размеры которых могут варьировать в достаточно широких пределах от десятков сантиметров и метров до сотен метров по горизонтали и от десятков сантиметров до десятков метров по вертикали. Ф.А. Романенко и Е.В. Гаранкина [2011] считают возможным разделить криогенные геоморфологические процессы в Срединном хребте полуострова Камчатка на несколько групп: первая связана с преимущественно вертикальными перемещениями грунта (термокарст, пучение и др.); вторая – с преимущественно горизонтальными движениями материала (солифлюкционные, десерпционные, термоэрозионные и др.). При этом они отдельно выделяют формирование криогенного микрорельефа, считая эти процессы

заслуживающими отдельного рассмотрения. По нашему мнению, характерными примерами процессов образования микрорельефа, связанных с преимущественно вертикальными перемещениями грунта, могут быть широко распространенные на полуострове участки кочковато-бугристых тундр, как это показано на рисунке 4.

В описываемом нами случае форма бугров была иная. Они представляли собой ориентированные почти вдоль склона, достаточно длинные (до сотен метров) и узкие (до десятков метров) гряды-гребни с плоскими вершинами, покрытыми зарослями кедрового стланика, разделенными лощинами с широким (до десяти метров) и плоским дном, заглубленные относительно верха гряды на 0,6–1,0 м. Образование подобной формы мезорельефа, по нашему мнению, более связано с солифлюкционными, термоэрозионными и водно-эрозионными процессами горизонтального перемещения грунта. Такая необычная форма рельефа названа нами грядово-бугристой.



Рис. 4. Кочковато-бугристый рельеф, широко распространенный на равнинных тундрах и в среднегорье полуострова Камчатка

Fig. 4. Hummocky relief, widespread in the flat tundra and in the mid-mountain areas of Kamchatka

Для нее, как это показало изучение почв на вершине гряды и в ложбине, характерен контрастный почвенный покров, представленный горно-тундровой, дерновой погребенногумусовой почвой в ложбинах и горно-тундровой, опадно-органогенной погребенногумусовой сезонно-мерзлотной почвой на верхних частях бугров.

Пытаясь восстановить историю происхождения грядово-бугристого рельефа, исходя из морфологических особенностей почвы разреза 1, отметим следующие моменты. Горизонт O1 в силу своей малой мощности и состава (остатки лишайников и опад кустарников) не обладает значительной термоизолирующей способностью.

Волнистая нижняя граница горизонта Ad, включения угольков в нижней части этого же горизонта и «пятнистое» расположение фрагментов светлого пепла в толще темноокрашенного суглинка в горизонте A1 + П позволяют предположить, что поверхностные горизонты почвы (Ad, A1 + П) до глубины 26 см формировались под влиянием комбинации делювиального смыва и мерзлотных процессов. Вероятно, что интенсивность делювиального смыва повысилась после пожаров на склонах и верхней части поверхности плато, в результате которых был уничтожен растительный покров, а в толще горизонта Ad отложились фрагменты углей. Лишенная растительного покрова поверхность почвы легко подвергалась водной эрозии.

Горизонты глубже 26 см (горизонт Впогр и ниже), вероятно, не испытывали при своем формировании существенного делювиального смыва и переотложения и образовались при «аэральном» поступлении пеплов на поверхность.

Горизонт Пж четко выражен, залегает в ненарушенном состоянии, не имеет признаков переотложения водными потоками. Слабая волнистость нижней границы гори-

зонта, вероятно, сформирована мерзлотными процессами. Нижележащие горизонты почвы на момент исследования не имели явных признаков переувлажнения или криотурбаций, немерзлые, слабо переувлажнены и имеют следы слабого оглеения. Элювиевые коренных пород в разрезе 1 залегает на глубине около 80 см.

Морфологические особенности разреза 2 иные. Под покровом багульниково-зеленомошного кедрового стланика образован специфический органогенно-опадный [Кочерьян, 1990] горизонт O1 + O2, для которого характерны хорошие термоизолирующие свойства [Бакалин, Ветрова, 2008]. Ниже, до 22 см, располагаются обычные гумусоаккумулятивные горизонты, характерные для современных почв под кедровым стлаником.

В разрезе 2 на глубинах 22–30 (33) см выявлен только один горизонт желтого супесчаного вулканического пепла. По цвету и составу он аналогичен горизонту Пж 36–42 см разреза 1. Ниже по профилю разреза выраженные прослойки вулканических пеплов до глубины 58 см отсутствуют. Исследование более глубоких слоев почвы было невозможно в связи с многолетней мерзлотой.

Поверхностные горизонты почвы разрезов 1 и 2 резко различаются между собой. В разрезе 1 горизонт Ad на глубинах 1–11 см состоит из минерального грунта. Это коричнево-серый легкий суглинок. В разрезе 2 горизонт O1 + O2 на глубинах от 0 до 12 см состоит из светло-бурого, рыхлого, среднеразложившегося опада мхов и хвои кедрового стланика. Он гораздо менее теплопроводен, чем минеральная масса, и этим объясняется длительное сохранение мерзлоты в разрезе 2.

Ю.К. Васильчук с соавторами [2014] отмечают, что при определении возможности развития процессов морозного пучения большое значение имеет мощность снегово-

го покрова. При его толщине не более 5 см значения температурных градиентов попадают в область критических ( $0,1 \div 0,2$  град/см), при которых формируются условия для интенсивного морозного пучения грунтов. Если толщина снежного покрова превышает 15–20 см, то температурные градиенты, обеспечивающие условия для интенсивного морозного пучения, отсутствуют.

Снегомерные исследования на рассматриваемом участке плато, к сожалению, не проводились. Рассматривая существующий рельеф и современный растительный покров участка, можно предположить, что даже если снег покрывал поверхность только до уровня вершин гребней, поросших кедровым стлаником, а стланик весь выступал над снежным покровом, то над днищем лощин мог формироваться слой снега толщиной 60–80 см.

По наблюдениям П.А. Хоментовского [1995], кедровый стланик перед установлением снежного покрова прижимается к земле, «ложится» и затем заметается снегом, оставляя над снеговым покровом только верхушки побегов. Над стлаником формируется слой снега, мощность которого зависит от высоты и сомкнутости зарослей кедрового стланика и ветровой нагрузки на конкретном участке.

Ряд авторов [Кочерьян, 1990; Казаков, 2004; Бакалин, Ветрова, 2008], утверждают, что мощный органогенно-опадный горизонт под кедровым стлаником способствует сохранению в почвах длительной сезонной мерзлоты. Слой снега над стлаником в сочетании с органогенно-опадным горизонтом, таким образом, обеспечивает хорошую термоизоляцию поверхностных горизонтов почвы. Именно поэтому в современных условиях проявление мерзлотного выпучивания на этом участке выглядит маловероятным. В ложбинах между буграми с мощным (до 1 м)

слоем снега процессы морозного пучения (судя по данным Ю.К. Васильчука с соавторами [2014]) происходят также не могли. Приведенные выше аргументы свидетельствуют скорее о том, что при современных и близких к ним климатических условиях процессы морозного пучения не могли приводить к формированию столь резко выделяющихся форм рельефа. Мы полагаем, что грядово-бугристый рельеф унаследован от предыдущих эпох и формировался не только криогенными процессами, но, главным образом, при эрозионном размыве моренных отложений в период отступления последнего ледника.

Косвенно эту гипотезу подтверждают Ф.А. Романенко, Е.В. Гаранкина [2011], исследовавшие криогенный рельеф небольшого севернее бассейна ручья Убойного. Они отмечают, что «...обычные для обследованной части Срединного хребта участки с бугристо-полигональным рельефом говорят о наличии периода интенсивного формирования полигонально-жильных льдов, которое, судя по строению рыхлого чехла, происходило в перигляциальной зоне последнего ледника, причем тогда, когда появилось достаточное количество осадков для образования ледяных жил; именно вытаивание этих льдов привело к формированию описанных участков бугристо-полигонального рельефа, но в дальнейшем возникли существенные отличия в интенсивности и, возможно, в возрасте термокарстовых процессов на перевальной седловине и на вершинной поверхности, которые отражают различия в строении рыхлого чехла (теплоизолирующий торфяной горизонт на седловине, сохраняющий мерзлоту)» [Романенко, Гаранкина, 2011, с. 163]. По нашему мнению, именно период «вытаивания ... полигонально-жильных льдов» был временем формирования эрозионных промоин – ложбин на поверхно-

сти моренных отложений, которые впоследствии покрылись чехлом почвенно-пирокластических горизонтов и дифференцированной растительностью.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение строения разрезов 1 и 2 показало, что вулканический пепел, присутствующий в каждом из них, лег на уже сформированный водной эрозией грядово-бугристый рельеф. На поверхности пепла образовался органогенный горизонт, в настоящее время диагностируемый как Вп (разрез 1) или АВ (разрез 2).

В дальнейшем развитие почвы на участках плато Уксичан с грядово-бугристым рельефом в этих разрезах пошло в резко различающихся направлениях. В ложбинах происходили снос и отложение поступивших с вышерасположенных участков плато перемытых пепловых прослоек и супесчано-суглинистых фрагментов грунта и позже формирование на поверхности ложбин дернового горизонта. Поступающая при снеготаянии и летних осадках вода, просачиваясь вниз по профилю почвы, вызывала протаивание и углубление залегания мерзлоты по сравнению с таковой на грядах. О периодическом переувлажнении нижних горизонтов почвы в ложбинах говорят и признаки глееватости в горизонте ВС.

На гребнях гряд под кедровым стлаником опадная «подушка» сохраняла близкое залегание мерзлых горизонтов. Выпадающие атмосферные осадки стекали в ложбины и не способствовали протаиванию мерзлоты и снижению глубины ее залегания на гребнях. Длительное сохранение мерзлоты под покровом кедрового стланика и термоизолирующим органогенным горизонтом почвы препятствовало сносу пеплов в ложбины и развитию эрозионных процессов на грядах.

В условиях современного изменения климата особо важное значение имеет сохранение сомкнутых зарослей кедрового стланика с моховым покровом, обеспечивающих сохранение в криолитозоне неглубокого залегания многолетней или длительной сезонной мерзлоты и, таким образом, предотвращение эрозионных процессов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Апрелков С.Е., Харченко Ю.Н., Григорьянц Н.Г. и др. 1978. Геология и полезные ископаемые Козыревского и Срединного хребтов (Сводный отчет о среднемасштабной геологической съемке, проведенной Эссовской партией в 1965–67 гг. на территории листа N-57-III. 268 с. 10 стр. текст. прил. (ВГФ. ЕГФ). 1968. № 262. В кн. Геологическая изученность СССР. Т. 23 РСФСР. Камчатская область и Курильские острова Сахалинской обл. период 1966–1970 гг. Вып. II. Рукописные работы. Москва: Недра. 486 с.
- Бакалин В.А., Ветрова В. П. 2008. Взаимосвязь растительности и мерзлоты в зоне спорадического распространения многолетней мерзлоты на Камчатке. *Экология*. № 5. С. 338–346.
- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтева И.С. и др. 1968. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. Москва: Наука. 228 с.
- Васильчук Ю.К., Буданцева Н. А., Васильчук А.К. и др. 2014. Миграционные бугры пучения в криолитозоне Восточной Сибири и Дальнего Востока. *Инженерная геология*. № 1. С. 40–64.
- Ершов Э.Д., Гирина О.А. 1997. Криогенные типы вулканических отложений. *Вестник Московского университета. Серия 4 (Геология)*. № 6. С. 41–47.

Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В. 1963. Лесные почвы Камчатки. Москва: Изд-во АН СССР. 324 с.

Казаков Н.В. 2004. Закономерности развития почвенного покрова кедровостлаников горно-лесотундрового пояса Камчатки. *Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Вып. 5. С. 111–130.

Кочерьян В.М. 1990. Влияние кедрового стланика на вулканические почвы Камчатки. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук*. Москва: МГУ. 22 с.

Справочник по климату СССР. 1966. Вып. 27. Камчатская обл., ч. 2. Температура воздуха и почвы. Ленинград: Гидрометеиздат. 184 с.; ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Ленинград: Гидрометеиздат. 210 с.

Романенко Ф.А., Гаранкина Е.В. 2011. Криогенный рельеф в Срединном хребте Центральной Камчатки. *Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения доктора географических наук, профессора Л.Н. Ивановского*. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Т. 1. 187 с.

Шеймович В.С., Патока М.Г., Диланян В.В. и др. 1978. Геологическое строение и полезные ископаемые листа О-57-XXXIV (Окончательный отчет о среднемасштабной геологической съемке, проведенной Анавгайской партией в 1967–1969 гг. 372 с. 53 текст. прил. (ВГФ. ТГФ). 1970. № 729. В кн. Геологическая изученность СССР. Т. 23. РСФСР. Камчатская область и Курильские острова Сахалинской обл. период 1966–1970 гг. Вып. II. Рукописные работы. Москва: Недра. 486 с.

Хоментовский П.А. 1995. Экология кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pallas) Re-

gel) на Камчатке (общий обзор). Владивосток: Дальнаука. 224 с.

## REFERENCES

- Aprelkov S.E., Kharchenko Yu.N., Grigor'yants N.G. et al. 1978. Geology and useful minerals of the Kozyrevsky and Sredinny ridges (*Summary report on the medium-scale geological survey conducted by the Essov party in 1965–67 on the territory of sheet N-57-III*). 268 p. 10 p. & Appendix. 1968. № 262. In: Geological study of the USSR. Vol. 23. RSFSR. Kamchatka region and the Kuril Islands of the Sakhalin region. Period 1966–1970. Issue II. Handwritten works. Moscow: Nedra Publ. 486 p. (in Russian).
- Bakalin V.A., Vetrova V.P. 2008. Interrelationship between vegetation and permafrost in the zone of sporadic permafrost distribution in Kamchatka. *Ekologiya (Ecology)*. № 5. Vladivostok. P. 338–346 (in Russian).
- Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Evteeva I.S. et al. 1968. *Stratigraphy of Quaternary deposits and glaciations of Kamchatka*. Moscow: Nauka Publ. 228 p. (in Russian).
- Vasilchuk Yu.K., Budantseva N.A., Vasilchuk A.K. et al. 2014. Migration heaving mounds in the permafrost zone of Eastern Siberia and the Far East. *Inzhenernaya geologiya (Engineering geology)* 2014. № 1. P. 40–64 (in Russian).
- Ershov E.D., Girina O.A. 1997. Cryogenic types of volcanic deposits. *Vestnik Moskovskogo universiteta Seriya 4: Geologiya (Bulletin of Moscow University. Series 4 (Geology))*. № 6. P. 41–47 (in Russian).
- Zonn S.V., Karpachevsky L.O., Stefin V.V. 1963. Forest soils of Kamchatka. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences. 324 p. (in Russian).

- Kazakov N.V. 2004. Patterns of development of soil cover of dwarf pine forests of the mountain forest-tundra belt of Kamchatka. *Trudy Kamchatskogo filiala Tihookeanskogo instituta geografii DVO RAN. (Proceedings of the Kamchatka Branch of the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. Iss. 5. P. 111–130 (in Russian).
- Kocheryan V.M. 1990. Influence of Siberian dwarf pine on volcanic soils of Kamchatka. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Moscow: Moscow State University. 22 p. (in Russian).
- Handbook of the USSR Climate. 1966. Issue 27. Kamchatka Region, Part 2. Air and Soil Temperature. Leningrad: Gidrometeoizdat. 184 p.; Part 4. Air humidity, precipitation, and snow cover. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. 210 p. (in Russian).
- Romanenko F.A., Garankina E.V. 2011. Cryogenic relief in the Sredinny Range of Central Kamchatka. *Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of Doctor of Geographical Sciences, Professor L.N. Ivanovsky (Irkutsk, October 25–28, 2011)*. Irkutsk: Publishing house of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS. 2011. Vol. 1. 187 p. (in Russian).
- Sheimovich V.S., Patoka M.G., Dilanyan V.V. et al. 1978. Geological structure and useful minerals of sheet O-57-XXXIV (Final report on the medium-scale geological survey conducted by the Anavgai party in 1967–1969. 372 p. & Appendix 53 p. (VGF. TGF). 1970. № 729. In: Geological study of the USSR. v. 23. RSFSR. Kamchatka region and the Kuril Islands of the Sakhalin region. Period 1966–1970. Issue II. Handwritten works. Moscow: Nedra Publ. 486 p. (in Russian).
- Khomentovsky P.A. 1995. Ecology of Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* (Pallas) Regel) in Kamchatka (general review). Vladivostok: Dalnauka Publ. 224 p. (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Казаков Николай Владимирович** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший научный сотрудник лаборатории экологии растений; nvkazakov@yandex.ru; SPIN-код: 8108-6716; Author ID: 618619.

**Kazakov Nikolay Vladimirovich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Researcher of Plant Ecology Laboratory; nvkazakov@yandex.ru. SPIN-code: 8108-6716; Author ID: 618619.

**Дульченко Елена Владимировна** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; инженер лаборатории экологии животных; edulchenko@mail.ru. SPIN-код: 2082-6704; Author ID: 50136252.

**Dulchenko Elena Vladimirovna** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Engineer of Animal Ecology Laboratory; edulchenko@mail.ru. SPIN-code: 2082-6704; Author ID: 50136252.

Статья поступила в редакцию 11.10.2024; одобрена после рецензирования 31.10.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 11.10.2024; approved after reviewing 31.10.2024; accepted for publication 13.12.2024.

---

Для цитирования: Казаков Н.В., Дульченко Е.В. 2024. Грядово-бугристый рельеф на плато Уксичан срединного хребта Камчатки: роль мерзлоты и растительности. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 73–86. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-73-86>.

For citation: Kazakov N.V., Dulchenko E.V. 2024. Ridge-hummock relief on the Uksichan plateau of the Sredinny Range of Kamchatka: the role of permafrost and vegetation. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 73–86 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-73-86>.

Научная статья

УДК [619:639.113](571.66)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-87-107

**РОСТ ЗАРАЖЕННОСТИ СОБОЛЯ И ГОРНОСТАЯ НЕМАТОДОЙ ЖЕЛУДКА  
*SOBOLIPHYME BATURINI* – ОДИН ИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ АККЛИМАТИЗАЦИИ  
АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА**

Транбенкова Н.А.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

Рассмотрены гостальные и биогеографические характеристики гемипопуляции нематоды желудка *Soboliphyme baturini*, Petrow, 1930 на п-ове Камчатка. Анализировались архивные (1952–1979 г.) и собственные (1980–2024 г.) материалы гельминтологического мониторинга промысловых хищных. Доказано, что одной из причин роста зараженности этой нематодой камчатского подвида соболя является интродукция американской норки в 70-х годах прошлого века, которая стала облигатным хозяином *S. baturini*, увеличила поток ее инвазионного начала и вероятность заражения других видов хищных. На примере соболя и горностая показана связь показателей их инвазированности с фазами процесса акклиматизации американской норки. До расселения норки средняя экстенсивность инвазии *S. baturini* у соболя на юго-восточном побережье полуострова составляла  $(34,89 \pm 7,81)\%$ , после –  $(44,26 \pm 4,8)\%$ . На юго-западном побережье этот показатель возрос от  $(60,56 \pm 6,94)\%$  (1966–1981 г.) до  $(83,05 \pm 8,89)\%$  (2012–2023 г.).

**Ключевые слова:** американская норка, гельминтологический мониторинг, горноста́й, зараженность, камчатский соболь, инвазия, интенсивность, нематода, экстенсивность.

Original article

**INCREASE OF STOMACH NEMATODE, *SOBOLIPHYME BATURINI*,  
INFECTION IN SABLE AND ERMINE AS ONE OF THE RESULTS  
OF AMERICAN MINK ACCLIMATIZATION IN KAMCHATKA**

Tranbenkova N.A.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

The host and biogeographic characteristics of the hemipopulation of the stomach nematode *Soboliphyme baturini*, Petrow, 1930 in the Kamchatka Peninsula are considered. The archival (1952–1979) and our own (1980–2024) materials of commercial predators helminthological monitoring were analyzed. It was proved that one of the reasons for increasing infestation of the Kamchatka subspecies of sable with this nematode is the introduction of the American mink in the 70s of the last century, who became an obligate host of *S. baturini* and increased the flow of its invasive origin and infection probability of other predatory species. Using the example of sable and ermine, the relationship of their invasiveness indicators with the phases of the acclimatization process of the American mink is shown. Before mink settling the average *S. baturini* invasion

extensity in sable on the southeastern coast of the peninsula was  $(34.89 \pm 7.81)\%$ , after –  $(44.26 \pm 4.8)\%$ . This figure increased from  $(60.56 \pm 6.94)\%$  (1966–1981) to  $(83.05 \pm 8.89)\%$  (2012–2023) on the southwestern coast.

**Key words:** American mink, helminthological monitoring, ermine, infection, Kamchatka sable, invasion, intensity, extensity, nematode.

## ВВЕДЕНИЕ

Распространившееся в нашей стране к середине прошлого века представление о безусловной выгоде расселения новых, ценных с тех или иных позиций видов животных [Кирис, 1973] уже к концу его стало меняться на основании практического опыта. Вместе со сведениями о безуспешных попытках интродукции накапливались материалы об отрицательном воздействии вселенцев на аборигенные виды и экосистемы в случаях «успешной» акклиматизации [Чесноков, 1994]. Если не выполнялись соответствующие санитарно-эпидемиологические требования, вместе с расселяемыми видами могли завозиться их паразиты, которые хоть и редко, но приживались в новых условиях, нанося местной фауне большой ущерб. Такие явления отмечались, например, при интродукции новых видов рыб, особенно в изолированных водоемах [Богатова, 1935; Радченко, 1996], или расселении некоторых охотничье-промысловых животных на новых для них территориях [Павлов и др., 1973].

Гораздо чаще вселенцы теряли своих паразитов и приобретали местных, в том числе имеющих эпидемиологическое значение. За счет этого могли усиливаться и (или) возникать новые очаги распространения отдельных из них [Пельгунов, Маклакова, 2013], а также мог нарушаться баланс в существовавших ранее паразитарных системах аборигенных видов паразитов и их хозяев. Что и случилось с паразитарной системой нематоды желудка куньих *Soboliphyme baturini*, Petrow, 1930

после успешной акклиматизации американской норки на полуостровной части Камчатского края (п-ове Камчатка) в 70–90-х годах прошлого века.

Американскую норку в нашу страну завезли в 1923 г. для клеточного разведения. Тогда же началось ее непредумышленное расселение за счет побегов зверьков со звероферм, а после 1928 г. во многих регионах норку стали целенаправленно интродуцировать в подходящие, по мнению специалистов, природные комплексы. К 60-м годам, несмотря на наличие местных видов-конкурентов, она хорошо прижилась на значительной территории страны и, продолжая осваивать все подходящие биотопы, в настоящее время обитает почти везде в Евразии.

В Камчатском крае процесс акклиматизации норки проходил приблизительно по такой же схеме. Во второй половине 60-х годов ее стали разводить на местных зверофермах, и с 1960 г. началась целенаправленная интродукция в природные уголья. К 1989 г. было выпущено 1 049 зверьков, из которых 180 доставили из Хабаровского края, а остальных брали из местных звероферм, окрестности которых норки также могли заселять самостоятельно. А.С. Валенцев и соавторы [2022] выделили в процессе акклиматизации этого хищника в Камчатском крае три фазы: первую – с 1960 по 1980 г. «несинхронную», т. к. зверьков завозили неодновременно, вторую – 1981–2011 гг. и третью – с 2012 г. Максимальной численности 9,5 тыс. особей ее популяция достигла к 2011 г., а далее стабилизировалась на уровне 8,1 тыс.

особей. В 1985–1990 гг. норка заняла второе место после соболя по стоимости заготавливаемой пушнины, и с позиций экономики ее интродукция на территорию края считалась оправданной. Хотя не исключалось и негативное влияние хищника на ранее существовавшие биоценологические связи.

Как и везде на освоенных территориях Евразии, в Камчатском крае она, несомненно, стала хозяином ряда эктопаразитов, а также возбудителей протозойных и вирусных болезней, как, например, чума плотоядных, паратиф, болезнь Ауески и др. Но до настоящего времени этот вопрос практически не изучался.

Новых видов паразитических червей в местную фауну американская норка не внесла, т. к. расселялись зверьки, взятые из звероферм. С первых лет освоения территории п-ова Камчатка норка начала заражаться нематодой желудка *S. baturini*, которая стала ее самым массовым паразитом. Что отмечено и в других регионах Дальнего Востока РФ после акклиматизации этого хищника. Надо сказать, что у себя на родине, в Северной Америке, американская норка поражается *S. baturini* относительно слабо [Контримавичус, 1969].

Нематода *S. baturini* относится к биогельминтам, т. к. все стадии ее жизненного цикла, кроме яиц, выделяемых с экскрементами, проходят в живых организмах, заражение которых происходит алиментарным путем. Промежуточными хозяевами служат почвенные олигохеты семейства *Enchitreidae* [Демшин, 1975; Карманова, 1963, 1968], способные заглатывать яйца паразита. Резервуарными хозяевами, как в Магаданской области и Хабаровском крае, являются землеройки рода *Sorex* (бурозубки) [Домнич, 1982; Карпенко, 1985; Транбенкова, 1996], которые питаются почвенными беспозвоночными, включая энхит-

реид. Окончательными – куны и некоторые представители других семейств отряда хищных. Самки *S. baturini* имеют 16,8–37,5 мм длины и 1,28–2,92 мм ширины, самцы – 12,7–31,5 мм длины и 1,068–1,39 мм ширины [Козлов, 1977].

Личинки этой нематоды выходят из яиц в пищеварительном тракте промежуточных хозяев и мигрируют в полость их тела, где развиваются до инвазионной стадии, готовой к дальнейшей реализации жизненного цикла. У резервуарных хозяев их развитие приостанавливается, инвазионные личинки накапливаются в кишечнике и брюшной полости зверьков. Ранние стадии развития паразита – яйца и личинки часто обозначаются как «инвазионное начало». У окончательных хозяев инвазионные личинки концентрируются преимущественно в желудке, где достигают половой зрелости и могут жить там до 20 месяцев, выделяя большое количество оплодотворенных яиц [Карманова, 1968]. Присасываясь к стенкам желудка крупной ротовой капсулой диаметром до 1,66 мм, эта нематода часто изъязвляет их, достигая и повреждая подслизистый и даже мышечный слои. За счет чего относится к наиболее патогенным паразитам [Контримавичус, 1969] для окончательных хозяев.

Высокая зараженность американской норки *S. baturini* существенно увеличила поток инвазионного начала этой нематоды во всех типах местообитаний этого хищника. Особенно в поймах рек, которые кроме норки обычно заселены или охотно посещаются многими другими видами животных. В том числе из категории промежуточных, резервуарных и окончательных хозяев паразита, вероятность заражения которых разными стадиями *S. baturini* также возросла. Следовательно, увеличилось негативное влияние паразита как на жизнедеятельность отдельных особей, так

и на структуру популяций отдельных хозяев или их сообществ на определенной территории.

Целью нашего исследования стало подтверждение факта увеличения инвазированности соболя и горностаю нематодой желудка *S. baturini* как одного из результатов акклиматизации на полуострове Камчатка американской норки в 70-х годах прошлого века.

Соболь и горностаю рассматриваются здесь как модельные виды, на примере которых можно судить об изменениях, произошедших в популяции этого паразита с появлением нового хозяина. Во-первых, из-за самого большого, в сравнении с остальными кунными, общего периода гельминтологического мониторинга. В 2024 г. его общая продолжительность по соболю достигла 72 лет, по горностаю – 64-х. Это позволило наиболее корректно отследить многолетнюю динамику их зараженности *S. baturini*, а значит, и тенденции колебаний зараженности других хищных. Во-вторых, из-за того, что соболь – это облигатный, а горностаю – факультативный хозяин этой нематоды, они играют разные роли в существовании ее гемипопуляции или совокупности всех особей паразита на одной фазе жизненного цикла [Пронин и др. 1991]. В результате появляется возможность рассмотреть более широкий спектр ответных реакций биологически и экологически различных групп окончательных хозяев на заражение этой нематодой.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения географических и гостальных характеристик гемипопуляции нематоды *S. baturini* на территории Камчатского края, а также анализа многолетней динамики этой инвазии у кунных и других представителей отряда хищных

использовались архивные (1952–1979 гг.) и собственные (1980–2024 гг.) материалы популяционного и гельминтологического мониторинга наземных промысловых млекопитающих. По 1989 г. его проводило Камчатское отделение Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства (КО ВНИИОЗ), а к настоящему времени продолжает лаборатория экологии животных Камчатского филиала Тихоокеанского института географии (ЛЭЖ КФ ТИГ ДВО РАН).

На протяжении всего времени мониторинга выборки тушек или «промысловые пробы» животных, добытых в осенне-зимние сезоны промысла, обследуются в основном методом неполных гельминтологических вскрытий (НГВ) [Скрябин, 1928; Ивашкин и др., 1971].

До конца 90-х годов прошлого века пробы доставлялись из охотничьих угодий государственных промысловых хозяйств (ГПХ) одноименных административных районов Камчатского края. Далее тушки стали поступать от индивидуальных или коллективных собственников охотничьих угодий на их территории. В связи со значительными отличиями биогеографических условий, названия районов использованы здесь как географические ориентиры при рассмотрении характера и динамики зараженности там разных видов хищных в том числе нематодой *S. baturini*.

Уровень зараженности ею оценивался по величине показателей экстенсивности инвазии – ЭИ, % (процента зараженных особей от числа исследованных) и интенсивности инвазии – ИИ, экз. (среднего числа паразитов на одного зараженного зверька) за все время наблюдений или за определенный период в охотничьих угодьях всех восьми или в большинстве административных районов полуостровной части края - п-ове Камчатка.

Ареал и общие географические характеристики популяции нематоды желудка куньих *S. baturini* на территории Камчатского края определены по результатам анализа архивных и собственных материалов гельминтологических вскрытий 12 186 тушек камчатского подвида соболя. В их числе 524 из материковой части Камчатского края – Пенжинского и Олюторского административных районов – и 11 662 (табл. 1) из охотничьих угодий всех восьми районов на п-ове Камчатка.

Из Пенжинского района, откуда исследовано 511 тушек соболя, анализировалась картотека вскрытий 237 зверьков архива КО ВНИИОЗ 1956–1979 гг. и собственные результаты обследования 274 тушек соболя за период 1980–2023 гг., 30 американских норок и 33 горностаев в сезонах промысла 1983–1984, 1987–1988 гг., а также шести горностаев в 1990–1991 гг. и семи выдр с 1986 по 1991 г. Из Олюторского района исследовано 13 тушек соболя после сезонов промысла 1969–1970 гг. и 1984–1985 гг.,

четыре тушки американской норки (1985–1987 гг.) и четыре выдры (1986–1987 гг.).

Для сравнительного анализа и выявления роли отдельных видов окончательных хозяев в существовании гемипопуляции *S. baturini* на территории п-ова Камчатка использовались выборки данных из картотеки вскрытий 5 408 тушек соболя (1952–1979 гг.) и 793 горностаев (1956–1979 гг.) архива КО ВНИИОЗ. А также собственных, начиная с 1980 г., материалов изучения гельминтозных инвазий промысловых хищных по результатам вскрытий 6 254 тушек соболя, 747 горностаев, 316 американских норок, 48 росомых, 133 выдр и трех ласок. Из представителей других семейств отряда хищных исследовано 216 лисиц, 8 рысей, 4 волка и 9 бурых медведей. Из промежуточных и резервуарных хозяев исследовано 103 почвенные олигохеты сем. *Enchitreysidae* (виды не определены), 94 землеройки двух видов (14 экз. – равнозубой и 80 экз. – средней).

Таблица 1. Количество гельминтологически исследованных тушек соболя, горностая и американской норки на полуострове Камчатка с 1952 по 2024 г.

Table 1. The number of sable, ermine and American mink carcasses examined helminthologically in the Kamchatka Peninsula from 1952 to 2024

Географическое положение / административные районы	Соболь		Горноста́й		Американская норка	
	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек
Западная часть полуострова Камчатка						
Юг / Усть-Большерецкий	1966–2023; 57	41/926	1969–2015; 46	20/207	1985–2012; 27	6/32
Южная половина / Соболевский	1959–2024; 64	46/1 204	1971–2008; 37	12/153	1983–1994; 11	7/56
Срединный хребет / Быстринский	1956–2024; 68	49/1 168	1971–2020; 49	14/150	1986–2017; 31	3/5
Север / Тигильский	1978–1996; 12 2002–2023; 21	11/191 10/185	1969–1992; 23	14/163	1987–1991; 4	2/12
Центральная часть полуострова Камчатка						
Среднее течение р. Камчатка / Мильковский	1952–2024; 72	67/3 809	1955–2019; 64	25/285	1983–2018; 35	12/48

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

Географическое положение/ административные районы	Соболь		Горноста́й		Американская норка	
	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек	Период наблюдений; кол-во лет вскрытий	Кол-во промысловых сезонов/ тушек
Восточная часть полуострова Камчатка						
Юг / Елизовский	1953–2024; 71	61/2 792	1956–1996; 40	18/419	1983–2023; 40	17/158
Середина / Усть-Камчатский	1956–2024; 6	45/1 086	1969–2017; 48	14/153	1993–2002; 9	2/4
Север / Карагинский	1975–2024; 19	15/301	1975–1976; 1 1992–1993; 1	2/10	1986–1987; 1	1/1
<i>Итого тушек</i>		<i>/11 662</i>		<i>/1 540</i>		<i>/316</i>

Средние многолетние показатели зараженности окончательных хозяев нематодой *S. baturini* вычислялись с использованием материалов гельминтологических вскрытий всех промысловых проб каждого вида хищных, исследованных с начала гельминтологического мониторинга, независимо от их величины.

Изменчивость показателей ЭИ и ИИ *S. baturini* рассмотрена здесь на примере соболя и горноста́я, продолжительность наблюдений и количество исследованных тушек которых в сравнении с другими окончательными хозяевами оказались самыми большими. У соболя динамика ЭИ *S. baturini* анализировалась с использованием материалов ежегодных гельминтологических вскрытий промысловых проб от 17 и более тушек, у горноста́я – вскрытий всех тушек. Показатели средней ИИ во всех случаях вычислялись независимо от количества вскрытых зверьков.

В 2024 г. общий период популяционно-гельминтологического мониторинга соболя в охотничьих угодьях всех девяти административных районов края на п-ове Камчатка составил от 19 до 72 лет с числом сезонов вскрытий от 15 до 67 лет. До 1995–1996 гг. на наличие гельминтов из каждого района ежегодно вскрывалось от единиц до сотен тушек. Далее выборки

были ограничены до 20–30, кроме охотничьих угодий в бассейне р. Жупанова (юго-восточное побережье п-ова Камчатка, Елизовский район), откуда промысловые пробы соболя обследовались независимо от их величины. Полученные данные использованы в том числе для изучения локальной топографии гемипопуляции *S. baturini* на примере разных биотопов в бассейне этой реки.

Для выявления связи роста зараженности соболя *S. baturini* с расселением на п-ове Камчатка американской норки нами проведен сравнительный анализ динамики этой инвазии у него в отрезки времени, соответствующие фазам ее акклиматизации [Валенцев и др., 2022]. Используются среднегодовые показатели ЭИ и ИИ этой инвазии на протяжении последних шестидесяти лет.

Общая продолжительность гельминтологического мониторинга горноста́я в семи районах п-ова Камчатка составила от 18 до 64 лет с числом сезонов вскрытий от 13 до 17. Динамика зараженности горноста́я этой нематодой анализировалась на протяжении двух периодов наблюдений. Первый (I) – с начала мониторинга, организованного в разных районах полуострова с 1955 по 1975 г. до 1980–1984 гг. Его продолжительность в отдельных из них составила от 11 до 28 лет. В этот период вошли

годы, соответствующие первой фазе акклиматизации норки и части второй. Второй период (II) – с 1983–1986 по 1996–2020 гг. включил часть второй и третью фазу на протяжении 13–34 лет.

Многолетняя динамика инвазии *S. baturini* у соболя и горностая анализировалась на основе показателей ее средней ежегодной экстенсивности и интенсивности (ЭИ и ИИ) в каждом административном районе края, представленных как последовательности их ежегодных значений за все время наблюдений или за определенные периоды.

Статистическая обработка материалов гельминтологических вскрытий проведена в программе Exel (Windows 2019).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая картина гостальных и географических характеристик нематоды желудка *S. baturini*, паразитирующей у куньих и некоторых других хищных на территории Камчатского края, была окончательно сформирована нами к 2006 г.

Еще раньше, к 1995 г. мы пришли к выводу, что в материковых районах края – Пенжинском и Олюторском – она отсутствует, т. к. не была найдена в результате гельминтологических вскрытий 518 тушек соболя, 34 тушек американской норки и 11 тушек выдры. Из них соболь и американская норка в районах распространения *S. baturini* поражаются этим паразитом чаще и интенсивнее всех других хозяев, обеспечивая максимум потока его инвазионного начала [Контримавичус, 1966, 1969; Транбенкова, 1996, 2006] и, соответственно, высокую вероятность заражения промежуточных, а затем резервуарных и окончательных хозяев. Существующую в журнале вскрытий 1983–1984 гг. отметку о находке неполовозрелой самки *S. baturini* у одного из 39 горно-

стаев из Пенжинского р-на (р. Белая) по ряду причин мы считаем ошибочной.

У обследованных зимой 2006–2007 гг. шести тушек соболя из этого района *S. baturini* тоже не была найдена. В последующие годы промысловые пробы каких-либо видов животных из материковой части территории Камчатского края для гельминтологических вскрытий не поступали. Не исключено, что к настоящему времени в паразитофауне соболя, американской норки и, возможно, других видов хищных эта нематода там все-таки появилась вследствие изменения климата или других причин. Но такое предположение требует дополнительных исследований.

На территории полуостровной части края *S. baturini* обнаружена нами у 10 видов отряда хищных, которые являются ее окончательными хозяевами. Это шесть видов местных наземных и околотовных куньих: камчатский соболь, американская норка, росомаха, горностай, ласка и выдра. А также четыре вида других семейств: лисица, волк, рысь и бурый медведь.

Представление о роли каждого в существовании гемипопуляции *S. baturini* на территории разных районов полуострова было сформировано к 1995 г. в результате сравнительного анализа всех имеющихся у нас к тому времени материалов гельминтологических вскрытий хищных. Оно продолжает уточняться до настоящего времени по мере продолжения собственных исследований и появления новых данных.

Как уже упоминалось ранее, все вышеназванные виды хищных заражаются *S. baturini* алиментарным путем, поедая ее промежуточных хозяев олигохет семейства *Enchitreydae*, а также резервуарных хозяев паразита землероек-бурозубок, которые накапливают таких личинок, питаясь беспозвоночными. Личинки *S. baturini*, длиной до 2,5 мм, были найдены нами в брюшной

полости и на диафрагме у средней бурозубки (Усть-Большерецкий район, юго-западное побережье полуострова), которая, как и равнозубая бурозубка, является на п-ове Камчатка одним из наиболее многочисленных видов землероек. При обследовании из этого же района порядка ста экземпляров энхитреид личинок *S. baturini* найдено не было. Более точными сведениями по обеим группам хозяев неполовозрелых стадий этого паразита мы пока не располагаем.

В осенне-зимний период в желудках окончательных хозяев отмечаются половозрелые и неполовозрелые *S. baturini*. Последние представлены личиночными стадиями от 4–4,5 мм и более крупными экземплярами до 9–10 мм длины, пол которых визуалью не всегда различим, а также более крупными, до 12–14 мм длины с внешне выраженными половыми отличиями, но еще плохо видимыми сквозь стенки тела органами размножения. Наличие у таких самок сформировавшихся яиц и стадии развития в них личинок нами пока не определены. Все еще не ясно, участвуют ли они в размножении и, если участвуют, то в какой степени, если сравнивать их плодовитость с половозрелыми особями. В журналах гельминтологических вскрытий мы обозначаем их как «ювенильные» самцы или самки.

К половозрелым относим нематод с хорошо видимыми сквозь покровы тела и занимающими почти весь его объем петлями матки или семенниками, заполненными половыми продуктами. По нашим данным, длина тела таких самок в среднем равна 21,7–41,5 мм (max 45 мм), самцов 16,7–30,0 мм (max 36 мм) [Транбенкова, 2018], что существенно выше, чем уже упоминавшиеся показатели диагноза вида [Козлов, 1977], согласно которым длина тела половозрелых самок составляет 16,8–37,5 мм, самцов 12,7–31,5 мм.

В зависимости от способности личиночных стадий паразита достигать половой зрелости в организме окончательных хозяев среди них выделяются облигатные, факультативные и абортивные.

Безусловно, облигатными являются камчатский соболь и вид-акклиматизант американская норка. Попавшие в их желудок инвазионные личинки *S. baturini* в большинстве своем достигают половой зрелости и размножаются, выделяя яйца (инвазионное начало) в окружающую среду с экскрементами хозяина. Количество половозрелых особей паразита у зараженных соболей колеблется от 84,4 до 100%, у американской норки от 89,9 до 100%. Процент самок у первого, по нашим данным, составил от 50,2 до 52,1%, у норки 57,5–57,7%. Соответственно, поток инвазионного начала от них максимален.

Еще четыре вида ее окончательных хозяев: лисицу, росомаху, горностаю и ласку – мы изначально относили к категории факультативных [Транбенкова, 1996], у которых, по определению, процент половозрелых экземпляров паразита невысок, или их нет совсем. К настоящему времени в результате сравнительного анализа их инвазированности за последние тридцать лет лисица и росомаха обозначены как «условно облигатные хозяева» (табл. 2). «Условно» потому, что экстенсивность этой инвазии (ЭИ) у них относительно невысока, в среднем менее 20%, но количество половозрелых экземпляров паразита может доходить до 40%. За счет чего во время пиков своей численности оба вида, особенно лисица, приобретают большое значение в выделении и рассеянии яиц *S. baturini* на значительных территориях, расширяя тем самым территорию распространения этого паразита, увеличивая поток его инвазионного начала и вероятность заражения других хозяев.

Таблица 2. Показатели экстенсивности (ЭИ, %) и интенсивности (ИИ, экз.) инвазии *Soboliphyme baturini* условно-облигатных, факультативных и абортивных окончательных хозяев на полуострове Камчатка с начала гельминтологического мониторинга по 1996 г.

Table 2. Indicators of extensity (ЭИ, %) and intensity (ИИ экз.) of *Soboliphyme baturini* invasion in conditionally obligate, facultative and abortive final hosts in the Kamchatka Peninsula from the beginning of helminthological monitoring to 1996

Виды хозяев	Год начала исследований / вскрыто тушек	ЭИ, %	ИИ, экз.
<i>Условно облигатные хозяева (в их организме паразит часто достигает половой зрелости)</i>			
Лисица	1980/216	15,8%	9,9
Росомаха	1977/40	9,7%	5,7
<i>Факультативные хозяева (в их организме паразит очень редко достигает половой зрелости)</i>			
Горноста́й	1956/1 326	8,2*; 6,2**	3,2*; 1,8**
<i>Абортивные хозяева (в их организме паразит не достигает половой зрелости)</i>			
Выдра	1986/115	ЭИ 2,61	ИИ 1

\* Западная часть территории полуострова Камчатка

\*\* Восточная часть территории полуострова Камчатка

\* Western part of the Kamchatka Peninsula

\*\* Eastern part of the Kamchatka Peninsula

Ласка исследована все еще недостаточно: вскрыто только три тушки. У двух найдено три *S. baturini*, из которых два половозрелых экземпляра, что позволяет считать ласку тоже условно облигатным окончательным хозяином. В сравнении с факультативным хозяином горностаем, у которого половозрелых *S. baturini* обычно нет, а если встречаются, то единицы, ласка имеет гораздо большее значение в существовании популяции паразита и формировании потока его инвазионного начала.

Ежегодная ЭИ этой инвазии у горноста́я редко бывает выше 10% даже на юго-западе полуострова, где поток инвазионного начала очень высок, т. к. основные «поставщики» инвазионного начала – соболь и американская норка – нередко заражены там на 80–100%.

Количество половозрелых *S. baturini* у инвазированных горностаев всегда менее 1% от найденных. Соответственно, поток инвазионного начала от него минимален. Значение этого хищника для поддержания определенных количественных параметров гемипопуляции *S. baturini* возрастает толь-

ко во время двух-, трехкратных (и более) подъемов собственной численности, наблюдающихся с периодичностью 3-4 года [Вершинин, 1977; Кривенко и др., 2019]. Такая периодичность обусловливается популяционной динамикой его кормовых ресурсов, в основном полевков и в меньшей степени землероек.

Выдру мы изначально относили к факультативным хозяевам *S. baturini* на основании принадлежности к семейству куньих, у которых она встречается чаще всего. Половозрелых экземпляров паразита у нее не обнаружено. Среди 115 вскрытых нами тушек выдры только у трех было найдено по одной неполовозрелой *S. baturini*. Их длина доходила до 12 мм, у самок петли матки практически не просвечивали через стенки тела, у самцов половая бурса была видна. Видимо, инвазионные личинки паразита, попадая в желудок выдры, некоторое время сохраняют жизнеспособность и даже начинают развиваться, увеличиваясь в размерах, т. к. в организме промежуточных и резервуарных хозяев он всегда меньше 5 мм.

Мы считаем, что выдра в условиях п-ова Камчатка из-за постоянного отсутствия у нее половозрелых экземпляров *S. baturini* (по крайней мере, на протяжении всего периода наших исследований с 1980 по 2024 г.) относится к абортивным хозяевам паразита, в организме которых он никогда не достигает половой зрелости.

Как известно из литературных данных, в других регионах Дальнего Востока находки половозрелых *S. baturini* у выдры редки, или их нет [Контримавичус, 1963, 1969].

Безусловно, абортивными окончательными хозяевами этой нематоды мы считаем бурого медведя и волка, так как у них отмечены только неполовозрелые *S. baturini*. У двух из девяти вскрытых медведей найдено по три и у двух волков из четырех исследованных две и три неполовозрелые нематоды.

Инвазионные личинки паразита, попадая алиментарным путем в желудок этих хищных, иногда остаются живыми и увеличиваются до 7–10 мм длины, но затем отмирают. Развития у них половой системы не наблюдалось.

К этой же категории до последнего времени мы относили и рысь, поскольку с 1980 до 2023 г. только у двух из семи исследованных было найдено две и три неполовозрелых *S. baturini*. После зимнего промыслового сезона 2023–2024 г. у рыси из центральной части п-ова Камчатка (р. Урц) впервые были обнаружены половозрелые *S. baturini* в количестве девяти экземпляров, что не позволяет по-прежнему считать ее абортивным хозяином паразита. Поэтому здесь мы рассматриваем рысь тоже как условно облигатного окончательного хозяина *S. baturini*.

Исходя из вышесказанного видно, что популяция *S. baturini* на территории п-ова Камчатка представлена тремя фазами жизненного цикла паразита. Первая – это яйца

в окружающей среде. Вторая – это неполовозрелая часть популяции или гемипопуляция, состоящая из личинок на разных стадиях развития от выходящих из яиц до инвазионных в промежуточных и резервуарных хозяевах. Третья – это преимущественно половозрелая часть популяции этой нематоды – гемипопуляция, размещенная в окончательных хозяевах. Она наименее однородна, т. к. кроме половозрелых, включает ювенильные экземпляры (ювенильных самок и самцов) и разные личиночные стадии с пока еще не различимыми половыми признаками. Ее основными количественными характеристиками являются показатели зараженности окончательных хозяев, т. е. значения ЭИ и ИИ, а также соотношение числа половозрелых и неполовозрелых экземпляров паразита у инвазированных зверьков.

Использование и сравнительный анализ этих показателей как индикаторов величины и динамики гемипопуляции *S. baturini* у окончательных хозяев на территории отдельных районов и полуострова в целом дает представление о локальных и общих изменениях численности всей ее популяции.

Наиболее доступными для такого анализа стали материалы гельминтологического мониторинга части гемипопуляции, т. е. субгемипопуляции *S. baturini*, размещенной у трех видов окончательных хозяев: соболя, американской норки и горностая. Первые два вида концентрируют основную массу половозрелой части популяции этой нематоды, обеспечивая тем самым максимум потока ее инвазионного начала. В отличие от них, горностай как факультативный хозяин имеет обычно минимальное значение в формировании этого потока, кроме периодов подъема своей численности.

В паразитарной системе нематоды *S. baturini* выдра, волк и бурый медведь

относятся к хозяевам-реципиентам [Holmes et. al, 1977; Контримавичус, Атрашкевич, 1982; Транбенкова, 2006]. Все они представляют собой тупик в ее жизненном цикле, поскольку в их пищеварительном тракте ее личиночные стадии отмирают, не достигнув половой зрелости.

За время гельминтологического мониторинга соболя наиболее высокие значения средних многолетних показателей ЭИ, ИИ *S. baturini* отмечены на юго-западном, западном и юго-восточном побережьях. Они снижаются в долине р. Камчатки (центральной части полуострова) [Транбенкова, 1996] и постепенно сходят на нет на северо-востоке в Карагинском районе, почти на уровне Камчатского перешейка. Надо отметить, что значения средней ЭИ *S. baturini* за все время наблюдений там до 2023 г. не превышали 1%. После сезона охоты зимы 2023–2024 г. эта нематода была найдена у всех трех исследованных с очень высоким значением ИИ, составившем 22 экз.

Если говорить об отдельных биотопах, то за счет невысокой мобильности промежуточных и резервуарных хозяев на локальных участках там всегда поддерживается определенный уровень концентрации ранних стадий развития этого паразита, или инвазионного начала. Она выше всего на участках с преобладанием низменных ландшафтов и по долинам рек. Микроклимат там, особенно в приустьевых районах, мягче, чем в верховьях и горной местности, что обеспечивает более благоприятные условия для сохранности яиц и личиночных стадий, т. е. инвазионного начала *S. baturini*, а также для выживания обитателей лесной подстилки, в том числе ее промежуточных и резервуарных хозяев.

Соболи, добытые в верховьях р. Жупанова, несмотря на внутригодовую миграционную активность, бывают заражены

этой нематодой реже, чем на охотничьих участках в ее низовьях [Транбенкова, 1996]. В горных районах инвазия концентрируется в поймах рек и невысоких припойменных террасах, где влажность воздуха, снежный покров, температурный режим и животное население способствуют развитию ранних стадий паразита.

До начала 90-х годов прошлого века, пока не начались гельминтологические исследования американской норки, нематода *S. baturini* считалась, безусловно, самым массовым паразитом камчатского соболя, заражающим его на большей части территории п-ова Камчатка чаще и интенсивнее всех других паразитических червей.

Американская норка, расселяясь с конца 60-х годов прошлого века на территории п-ова Камчатка, несомненно, стала заражаться паразитами местных хищных. В заготовках пушнины она появилась с 1964 г., и в 1968 г. добыли уже около 200 шт. [Валенцев, Снегур, 2010; Валенцев и др., 2022]. Исследования на наличие у нее гельминтов начались с 1981 г. В районах юго-запада полуострова была выявлена ее высокая зараженность *S. baturini*. Тогда же эта нематода была зарегистрирована нами не только у норки, но и выдры, бурого медведя, волка и рыси. Также подтвердились литературные данные о находках этой нематоды у лисицы, россомахи, горностая и ласки [Козлов, 1977; Tranbenkova, 1987; Транбенкова, 1996].

Всего у норки были найдены семь видов гельминтов, которые паразитируют здесь у большинства местных наземных куньих и представителей других семейств отряда хищных. Это цестоды – *Taenia martis* (Zeder, 1803) Freeman, 1956 и *Diphyllobothrium* Cobbold, 1858 sp., скребень – *Corynosoma strumosum* (Rudolphi, 1802) Luhe, 1904 larvae и нематоды – *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839) Skrjabin et Schikho-

balova, 1954, *Trichinella nativa* Britovet Boev, 1972 larvae, *Crenosoma petrowi* Morosow, 1939, *A. simplex* Dujardin, 1845 larvae T. (Owen, 1835) [Транбенкова, 1996, 2006]. Видовая принадлежность нематоды *C. petrowi* и цестоды *Diphyllobothrium sp.*, по нашему мнению, нуждается в уточнении.

Скребень *C. strumosum larvae* и нематода *A. Simplex larvae* обнаружены у американской норки только в неполовозрелой форме. Их окончательными хозяевами являются морские млекопитающие, промежуточными и резервуарными – многие виды рыб. С ними личиночные стадии обоих паразитов попадают в пищеварительный тракт местных околводных и наземных млекопитающих, и там обычно отмирают, не достигнув половой зрелости. Найденные нами у норки членики цестоды *Diphyllobothrium sp.* также связаны с потреблением рыбы. Для этих видов гельминтов местные хищные служат абортивными хозяевами.

К 1996 г. средняя экстенсивность инвазии (ЭИ) *C. strumosum larvae* у норки доходила до 2,3%, *A. simplex larvae* – 4,26% (табл. 3).

Средняя интенсивность инвазии (ИИ) первого при локализации в желудке была равна 4 экз., в кишечнике 5 экз., второй – соответственно 7 и 2 экз. Эти показатели, как и факт находок *Diphyllobothrium sp.*, *C. strumosum larvae*, *A. simplex larvae* в пищеварительном тракте норки и других местных хищных, зависят только от наличия этих гельминтов в потребляемой ими рыбе. Наземные хозяева не играют никакой роли в существовании их популяций.

Еще слабее американская норка поражается гельминтами, специфичными наземным куньим, кишечной цестодой *T. martis* и легочными нематодами *Th. aerophilus* и *C. petrowi* (табл. 3). Это определило незначительную величину их инвазионного потока от нее и, соответственно, отсутствие серьезного влияния акклиматизанта на рост зараженности этими паразитами всех местных хищных, включая куньих. К настоящему времени показатели данных инвазий у норки остаются минимальны. Из 17 тушек хищника, исследованных с 1999 по 2023 г., только в одном случае (Центральная долина, Мильковский район) в легких был найден 1 экз. *C. petrowi*.

Таблица 3. Экстенсивность инвазии (ЭИ, %) американской норки гельминтами трахеи, легких, желудка и кишечника на полуострове Камчатка (средняя для самцов и самок за 1980–1996 гг.)

Table 3. Extensivity of infection (ЭИ, %) of American mink with helminths of the trachea, lungs, stomach and intestines in the Kamchatka Peninsula (average for males and females for 1980–1996)

Виды гельминтов	Показатели ЭИ,%, разных гельминтов норки на полуострове Камчатка		
	Юго-запад	Середина полуострова, долина р. Камчатки	Юго-восток
<i>Трахея и легкие</i>			
<i>Thominx aerophilus</i>	0,96	0	0
<i>Crenosoma petrowi</i>	0,1	0	0,69
<i>Желудок и кишечник</i>			
<i>Anisakis simplex larvae</i>	2,88	4,26	3,45
<i>Corynosoma strumosum larvae</i>	0	0	2,3
<i>Кишечник</i>			
<i>Diphyllobothrium sp.</i>	0,3	0	0
<i>Taenia martis</i>	0,96	0	0,69

В сравнении с вышеназванными паразитами, уровень зараженности, т. е. показатели ЭИ, ИИ *S. baturini* норки к 1995 г. почти на всей территории п-ова Камчатка были выше, чем у соболя. Она стала еще одним видом местных хищных, максимально зараженным этим паразитом. За счет того, что численность норки к этому времени достигла максимума [Валенцев и др., 2022], ее высокая зараженность и преобладание у зараженных зверьков половозрелых особей, поток инвазионного начала от нее к 1996 г. оказался в 1,7 раза выше, чем у соболя. У росوماхи он составил 0,3, у лисицы 0,2 и у горносталя 0,03 величины потока от соболя. Расчет сделан по методике [Holmes et. all., 1977] на основе численности хозяев и средних значений показателей ЭИ и ИИ *S. baturini* [Контримвичус, Атрашкевич, 1982; Транбенкова, 1996, 2006].

Тогда же нами было сделано предположение о том, что увеличение потока инвазионного начала *S. baturini* является одним из негативных результатов акклиматизации американской норки. Не исключалось также влияние потепления климата, вследствие которого может увеличиваться сохранность яиц и личиночных стадий паразита во внешней среде, в промежуточных и резервуарных хозяевах, а также возрастать вероятность заражения окончательных хозяев.

К 2021 г. было завершено научно-обоснованное, базирующееся на материалах охотхозяйственной практики описание и анализ процесса акклиматизации американской норки в Камчатском крае [Валенцев, Снегур, 2010; Валенцев и др., 2022]. Это дало нам возможность опираться здесь на представленные в них положения и выводы для оценки последствий появления норки в местной фауне хищных с позиции изменения их зараженности *S. baturini*.

Как уже упоминалось ранее, авторы выделили в ходе интродукции и акклиматизации норки в Камчатском крае три фазы: первую – 1960–1980 гг., вторую – 1981–2011 гг. и третью – с 2012 г. Максимальной численности – 9,5 тыс. особей ее популяция достигла к концу второй, а далее стабилизировалась на уровне 8,1 тыс. особей.

До 1960 г. гельминтозные инвазии местных хищных почти не отслеживались, исключая камчатский подвид соболя. Относительно репрезентативные материалы мониторинга его зараженности гельминтами собраны в двух районах – Мильковском и Елизовском, где гельминтологические вскрытия этого вида начались с 1952–1953 гг. Из Усть-Большерецкого и Карагинского районов промысловые пробы соболя до 1960 г. не поступали (табл. 4).

Из других районов промысловые пробы соболя стали обследоваться на наличие гельминтов с 1956–1959 гг. К 1960 г. там удалось собрать материалы после 1–4 сезонов охоты, что недостаточно для корректных выводов о многолетней изменчивости зараженности этого хищника, основывающихся на показателях ЭИ (табл. 4).

Можно отметить, что уже в первой (несинхронной) фазе акклиматизации американской норки (1960–1980 г.) на юге восточного побережья, в Елизовском районе, этот показатель у соболя с  $(34,89 \pm 7,8)\%$  (1953–1960 г.) возрос до  $(44,26 \pm 4,8)\%$ . В Мильковском такого увеличения ЭИ *S. baturini* не произошло. Но интенсивность этой инвазии (ИИ) у него стала расти уже во время первой фазы прохождения норкой акклиматизации (табл. 5).

В 1981–2011 гг. норка преодолела вторую фазу процесса акклиматизации, которая характеризовалась интенсивным ростом ее численности, увеличением плотности населения и расширением ареала, а также высокой зараженностью *S. baturini* (см. табл. 6).

Это привело к существенному росту инвазированности этой нематодой соболя и, скорее всего, других местных видов хищных, рассеивающих ее яйца на больших территориях. Показатели ЭИ и ИИ *S. baturini* у него к концу второй фазы акклиматизации норки заметно возросли на большей части территории полуострова, кроме юго-восточного побережья и центральной части – Елизовского и Мильковского районов, где они увеличились незначительно.

В третьей (популяционной) фазе акклиматизации, приблизительно с 2012 г. и до настоящего времени, норка освоила почти все пригодные местообитания, сформировала популяцию и современный ареал.

Ее численность снизилась с 9,0–9,5 тыс. особей до 8,0 и стабилизировалась в рамках амплитуды ежегодных колебаний. В связи с почти полным отсутствием промысла на ее популяцию влияют и модифицируют в основном естественные факторы [Валенцев и др., 2022].

За счет снижения численности и, соответственно, числа особей, инвазированных *S. baturini*, инвазионный поток от норки в третьей фазе должен был пропорционально уменьшиться. Об этом судить пока трудно, т. к. после 1996 г. нам удалось обследовать только 17 тушек хищника. Обращает на себя внимание очень высокая интенсивность инвазии (ИИ) у немногих, обследованных зверьков (табл. 6).

Таблица 4. Зараженность соболей нематодой *Soboliphyme baturini* до 1960 г. в некоторых районах на полуострове Камчатка

Table 4. Infection of sables with the nematode *Soboliphyme baturini* before 1960 in some areas of the Kamchatka Peninsula

Географическое положение / административные районы	Год начала исследований	Кол-во сезонов промысла	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.
<i>Западная часть полуострова</i>					
Южная половина / Соболевский	1959	1	12		3,75
Западные отроги и участок Срединного хребта / Быстринский	1956	3	74		4,9
Север / Тигильский	1956	3	25	0	0
<i>Центральная часть полуострова</i>					
Долина р. Камчатки / Мильковский	1952	8	708	31,64 ± 4,7	4,52
<i>Восточная часть полуострова</i>					
Южная часть / Елизовский	1953	7	149	34,89 ± 7,8	3,52
Средняя часть / Усть-Камчатский	1956	3	39	3,33 ± 3,33	1,0

\* N- количество вскрытых тушек соболя

\* N- amount of opened sable carcasses

Таблица 5. Динамика средних многолетних показателей экстенсивности (ЭИ, %) и интенсивности инвазии (ИИ, экз.) *Soboliphyme baturini* соболя в периоды времени, соответствующие разным фазам акклиматизации американской норки

Table 5. Dynamics of average long-term indices of invasion extensity (ЭИ, %) and intensity (ИИ, экз.) of *Soboliphyme baturini* in sable during periods of time corresponding to different phases of acclimatization of American mink

Географическое положение / административные районы	1 фаза 1960–1980 гг.			2 фаза 1981–2011 гг.			3 фаза 2012–2024 гг.		
	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.
<i>Западная часть полуострова Камчатка</i>									
Юг / Усть-Большеречский	307	53,59 ± 6,3	5,97	475	68,67 ± 4,2	12,13	144	70,28 ± 3,6	17,16
Средняя часть / Соболевский	483	52,55 ± 4,6	7,08	625	66,38 ± 3,6	9,21	96	68,25 ± 3,5	16,8

Окончание табл. 5

The end of the Table 5

Географическое положение / административные районы	1 фаза 1960–1980 гг.			2 фаза 1981–2011 гг.			3 фаза 2012–2024 гг.		
	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.	N*	ЭИ, %	ИИ, экз.
Срединный хребет / Быстринский	231	47,74 ± 6,1	5,17	574	51,59 ± 4,2	5,65	287	54,63 ± 3,9	8,4
Север / Тигильский (ГПХ Лесновский)	1978 – 1996**						2002–2023***		
	191	0,41 ± 0,4	4,26				185	1,19 ± 0,8	4,44
<i>Центральная часть полуострова Камчатка</i>									
Долина р. Камчатки / Мильковский	2073	28,67 ± 3,2	6,35	703	28,76 ± 2,8	9,33	235	29,25 ± 2,5	7,08
<i>Восточное побережье полуострова Камчатка</i>									
Юго-восток / Елизовский	798	44,26 ± 4,8	6,2	1729	43,92 ± 3,5	6,75	116	45,2 ± 3,4	12,32
Средняя часть / Усть-Камчатский	384	11,55 ± 2,7	3,93	570	14,04 ± 2,8	5,72	93	18,06 ± 3,5	8,6
Северо-восток / Карагинский	92	0		206	1,0 ± 0,63		3	Все (100%)	22,0

\* N – количество вскрытых тушек соболя

\*\* 1978–1996 гг. (период времени, соответствующий концу первой и первой половине второй фазы акклиматизации американской норки)

\*\*\* 2002–2024 гг. (половина второй фазы и вся третья). С севера Тигильского района (ГПХ Лесновский) показаны результаты исследования промысловых проб соболя в периоды времени, соответствующие 2-й и 3-й фазам акклиматизации американской норки

\*N – number of opened sable carcasses

\*\* 1978–1996 (the period of time corresponding to the end of the first and the first half of the second phase of American mink acclimatization)

\*\*\*2002–2024 (half of the second phase and fully the third). The study results of commercial sable samples from the north of the Tigilsky District (Lesnovsky) during periods corresponding to the 2nd and 3rd phases of American mink acclimatization are shown

Таблица 6. Показатели зараженности (ЭИ, %; ИИ, экз.) американской норки *Soboliphyme baturini* на полуострове Камчатка с 1980 по 1996 г. и с 1999 по 2023 г.Table 6. Infection rates (ЭИ,%; ИИ, экз.) of the American mink *Soboliphyme baturini* in the Kamchatka Peninsula from 1980 to 1996 and from 1999 to 2023

Географическое положение, административные районы	Показатели зараженности норки <i>Soboliphyme baturini</i> (ЭИ, %; ИИ, экз.)							
	1980–1996 гг.*				1999–2023 гг.			
	N**	ЭИ, %	ИИ, экз.	Мах экз.	N*	заражено	ИИ, экз.	Мах экз.
<i>Западная часть территории полуострова Камчатка</i>								
Южная половина, Усть-Большерецкий	30	83,3	19,8	140	2	2	43	61
Середина, Соболевский, Быстринский	59	89,5	18,6	149	2	1	94	94
Северная половина, Тигильский	12	83,3	16,6	117	–	–	–	
<i>Юго-восточная часть территории полуострова Камчатка</i>								
Южная половина, Елизовский	152	51,0	12,9	122	6	4	138,5	228
Средняя часть, Усть-Камчатский	3	–	–		1	1	127	127
Северная часть, Карагинский	1				–			
<i>Центральная долина полуострова</i>								
Мильковский	42	44,7	20,1	270	6	0		
<i>Вскрыто норок:</i>	299				17			

\* 1980–1996 – конец первой, начало второй фазы акклиматизации норки

\*\* N – количество вскрытых тушек

\* 1980–1996 – end of the first and the beginning of the second phase of mink acclimatization

\*\* N – number of opened carcasses

Показатели зараженности соболя ЭИ, ИИ этой нематоды продолжили увеличиваться на протяжении всей третьей фазы акклиматизации норки почти везде, кроме центральной части и юго-восточного побережья полуострова.

Рост зараженности, по нашему мнению, обусловлен высокой насыщенностью местообитаний норки и соболя инвазионным началом этой нематоды. Особенно в речных долинах и поймах рек с прилегающими к ним среднегорьям южной половины западного побережья от Усть-Большерецкого и Соболевского районов до низменных участков и предгорий Срединного хребта Быстринского района. В центральной части полуострова и на юго-восточном побережье (в Мильковском и Елизовском районах) увеличение зараженности соболя *S. baturini* выражено слабее. Это объясняется установлением там определенного равновесия между количеством инвазионного начала, наличием промежуточных и резервуарных хозяев, численностью соболя и других хищных – окончательных хозяев паразита.

Как уже упоминалось выше, регулярность вскрытий и величина промысловых

проб горностая оказались значительно меньше, чем соболя. Поэтому динамика его зараженности *S. baturini* анализировалась на протяжении двух периодов, охватывающих более или менее продолжительные отрезки времени на протяжении всех фаз акклиматизации американской норки.

Средние значения ЭИ *S. baturini* у горностая, отмечавшиеся нами в первом периоде на протяжении первой фазы акклиматизации норки (включая единичные наблюдения в Мильковском и Елизовском районах с 1955 г. по 1984 г.) во втором периоде (1996–2020 гг.) заметно повысились только на западном побережье полуострова (табл. 7). На восточном побережье и в его центральной части эта тенденция не отмечена. Детальное обоснование отсутствия роста зараженности горностая там пока невозможно из-за малой величины и нерегулярности исследований его промысловых проб, несмотря на значительную продолжительность наблюдений, которая, как указано выше, в периоде I доходила в некоторых районах полуострова до 28 лет, а в периоде II до 34.

Таблица 7. Изменение экстенсивности инвазии ЭИ,%, *Soboliphyme baturini* у горностая на полуострове Камчатка в I начальном с 1955 по 1984 г. и II завершающем с 1996 по 2020 гг. периодах акклиматизации американской норки

Table 7. Changes of *Soboliphyme baturini* invasion extensity (ЭИ, %) in ermine in the Kamchatka Peninsula in the first initial period from 1955 to 1984 and the second final period from 1996 to 2020 of American mink acclimatization

П-ов Камчатка. Административные р-ны Камчатского края	Период I (1955–1984 гг.)			Период II (1996–2020 гг.)		
	годы	N*	ЭИ, %	годы	N*	ЭИ, %
Усть-Большерецкий	1969–1983	157	12,74	1985–2015	50	20,0
Соболевский	1971–1984	121	10,08	1986–2008	32	18,75
Быстринский	1971–1982	73	8,22	1986–2020	77	12,99
Тигильский	1969–1983	159	3,77	1986–1990	4	0
Мильковский	1955–1983	224	7,14	1983–2019	61	1,64
Елизовский	1956–1981	295	9,15	1983–1996	124	0,81
Усть-Камчатский	1969–1980	89	1,16	1986–2017	64	1,56
Карагинский	1975–1976	5	0	1992–1993	5	0
		1 123			417	

\* N – количество вскрытых тушек горностая

\* N – number of opened carcasses

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних исследований гельминтозных инвазий хищных млекопитающих Камчатского края нами были пересмотрены основные гостальные характеристики *S. baturini*. Доказано, что интродуцированная на п-ове Камчатка американская норка органично встроилась в паразитарную систему нематоды *S. baturini* и стала играть роль еще одного ее облигатного хозяина. Вместе с соболем они продуцируют основную массу потока инвазионного начала паразита.

Еще три вида – лисицу, росомуху, ласку – мы стали считать «условно облигатными» хозяевами, а не «факультативными», как ранее. К «условно облигатным» с этого года отнесена и рысь, у которой впервые было обнаружено девять половозрелых *S. baturini*. У всех них число половозрелых *S. baturini* выше, чем у факультативного хозяина – горностая.

Оставляют вопросы отличия размера тела половозрелых особей *S. baturini* от соболя, американской норки и других облигатных хозяев на п-ове Камчатка и приведенных в диагнозе вида [Карманова, 1963, 1968; Козлов, 1977]. С учетом того, что *S. baturini* была описана по образцам паразита от лисицы с Камчатки [Petrow, 1930], можно предположить, что нематода либо увеличилась за прошедшее столетие, либо в распоряжении ученых тогда оказались не самые крупные экземпляры.

За счет невысокой мобильности промежуточных и резервуарных хозяев уровень их зараженности личиночными стадиями *S. baturini* локально зависит от величины потока инвазионного начала (яиц) от окончательных хозяев и физико-географических условий местообитаний. Соответственно, многолетнюю динамику количественных показателей паразито-хозяинной системы данной нематоды, как и измене-

ния плотности ее гемипопуляций, определяют рост зараженности окончательных хозяев, а также колебания климатических и иных факторов среды.

На примере соболя и горностая показано, что после расселения американской норки и, соответственно, увеличения инвазионного потока *S. baturini* на территории полуострова Камчатка стала расти зараженность не только облигатных (соболя), но и факультативных (горностай) и, возможно, абортивных хозяев этой нематоды.

Самый большой, в сравнении с другими районами, рост показателей инвазии *S. baturini* у соболя и горностая отмечен на низинных участках – долинах и поймах рек, а также в предгорьях и местами в среднегорьях западного побережья и южной половины полуострова. Это объясняется наиболее благоприятными для жизнедеятельности норки и одновременно промежуточных и резервуарных хозяев (беспозвоночных и землероек) природно-климатическими и биотическими условиями, чем большая часть среднегорий и тем более высокогорий.

На северо-восточном побережье в Карагинском районе ни у одного зверька из 10 исследованных до 2023 г. *S. baturini* не была найдена. Но после зимнего сезона промысла 2023–2024 гг. она была обнаружена у всех трех вскрытых соболей со средней интенсивностью 22 экз.

К настоящему времени нам, к сожалению, не удалось вычлнить количественные параметры влияния климатических факторов на увеличение зараженности соболя и других местных видов хищных нематодой *S. baturini*. Что, возможно, станет задачей будущих исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

Богатова З.К. 1935. Паразитофауна местной рыбы и акклиматизированных си-

- гов оз. Тургояк. *Ученые записки ЛГУ*. Т. 7. Вып. 3. С. 144–155.
- Валенцев А.С., Снегур П.П. 2010. Акклиматизация американской норки *Neovison vison (Mustela vison)* в Камчатском крае. *Доклады X международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 22–30.
- Валенцев А.С., Снегур П.П., Примаков Т.И. 2022. Итоги акклиматизации американской норки в Камчатском крае. *Вестник охотоведения*. Т. 19. № 3. С. 143–150.
- Вершинин А.А. 1977. Горностай (Камчатка). Колонок, горностай, выдра. Москва: Наука. С. 146–153.
- Демшин Н.И. 1975. Олигохеты и пиявки как промежуточные хозяева гельминтов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд. 191 с.
- Домнич И.Ф. 1982. Бурозубка – резервуарный хозяин нематоды *Soboliphyme baturini* (Petrow, 1930). *Паразитология*. Т. 16. Вып. 6. С. 497–499.
- Ивашкин В.М., Контримавичус В.Л., Назарова Н.С. 1971. Методы сбора и изучения гельминтов наземных млекопитающих. Москва: Наука. 123 с.
- Карманова Е.М. 1963. Развитие *Soboliphyme baturini* Petrow, 1930 (Nematoda, Diostrophumata) в организме промежуточного хозяина. В кн. Гельминты человека, животных, растений и борьба с ними. К 85-летию акад. К.И. Скрыбина. Москва: Изд-во АН СССР. С. 241–243.
- Карманова Е.К. 1968. Семейство *Soboliphymidae* (Petrow, 1930). Основы нематодологии. Москва: Наука. Т. XX. С. 194–226.
- Карпенко С.В. 1985. Крупнозубая бурозубка – резервуарный хозяин нематоды *Soboliphyme baturini* Petrow, 1930. *Известия Сибирского отделения АН СССР. Сер. биол. наук*. № 18. Вып. 3. С. 73–76.
- Кирилс И.Д. (ред.). 1973. Акклиматизация охотничье-промысловых зверей и птиц в СССР. Киров: Волго-Вятское книжное изд-во. Ч. 1. 536 с.
- Козлов Д.П. 1977. Определитель гельминтов хищных млекопитающих СССР. Москва: Наука. 275 с.
- Контримавичус В.Л. 1963. Гельминтофауна куньих Дальнего Востока. *Труды ГЕЛАН СССР*. Москва: Изд-во АН СССР. Т. 13. С. 26–47.
- Контримавичус В.Л. 1966. Гельминтофауна куньих (*Mustellidae*) СССР. *Труды ГЕЛАН СССР*. Москва: Изд-во АН СССР. Т. 17. С. 54–82.
- Контримавичус В.Л. 1969. Гельминтофауна куньих и пути ее формирования. Москва: Наука. 432 с.
- Контримавичус В.Л., Атрашкевич Г.И. 1982. Паразитарные системы и их значение в популяционной биологии гельминтов. *Паразитология*. Т. 16. Вып. 3. С. 177–187.
- Кривенко В.Г., Валенцев А.С., Герасимов Ю.Н. и др. 2019. Охотничьи животные Камчатского края (состояние ресурсов, охрана и рациональное использование). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 237 с.
- Павлов М.П., Корсакова И.Б., Тимофеев В.В., Сафонов В.Г. 1973. Акклиматизация охотничье-промысловых зверей и птиц в СССР. Под ред. И.Д. Кирилса. Киров: Волго-Вятское книжное изд-во. Ч. 1. 536 с.
- Пельгунов А.Н., Маклакова Л.П. 2013. Паразитологические аспекты, связанные с акклиматизацией и интродукцией диких копытных. *Российский паразитологический журнал*. № 3. С. 67–75.
- Пронин Н.М., Жалцанова Д.-С.Д., Пронина С.В., Некрасов А.В. 1991. Динамика

- зараженности животных гельминтами. Ред. В.Ж. Цыренова. Улан-Уде: Изд-во СО АН СССР, БНЦ, Ин-т биол. 202 с.
- Радченко Н.М. 1996. Изменение в паразитофауне судака (*Stizostedion lucioperca*) в связи с интродукцией в крупных озерах Северо-Запада России. *Паразитология*. Т. 30. № 1. С. 53–58.
- Скрябин К.И. 1928. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая и человека. Москва: Изд-во МГУ. 45 с.
- Транбенкова Н.А. 1996. Гельминтозные инвазии как один из механизмов регуляции численности млекопитающих (На примере куньих Камчатской области). *Автореф. дис. ... канд. биол. наук*. Владивосток. 22 с.
- Транбенкова Н.А. 2006. Гельминты куньих Mustelidae Камчатки. Владивосток: Дальнаука. 254 с.
- Транбенкова Н.А. 2018. Изменчивость длины тела нематоды желудка соболей *Soboliphyme baturini* в разных районах полуострова Камчатка. *Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием*. Тольятти: Полиар. С. 292–300.
- Чесноков Н.И. 1994. Надо ли переселять животных? Охотничьи просторы. Кн. 2. Реутов: Изд-во ЭРА. С. 166–179.
- Holmes I.C., Hobbs P.P., Leong T.S. 1977. Population in Perspective: Community Organisation and Regulation of Parasite Populations. *Regulation of Parasite Populations*. G.W. Esh. New York. London. San Franc. Academ. Press. Instit. P. 209–246. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-241750-4.50011-9>.
- Petrow A.M. 1930. Zur Charakteristik des Nematoden aus Kamtschatkaer Zobeln *Soboliphyme baturini* nov. gen. n. sp. *Zoologischer Anzeiger*. Leipzig. № 86. P. 265–271.
- Tranbenkova N.A. 1987. Kamchatka predators helminthfauna formation and peculiarities. *Abstracts XVIII-th Congress of the International Union of Game Biologists*. Poland: Jagellonian University. P. 204–205.

## REFERENCES

- Bogatova Z.K. 1935. Parasitofauna of local fish and acclimatized whitefish of Turgoyak Lake. *Uchenye zapiski LGU (Scientific notes of LSU)*. Т. 7. Vol. 3. P. 144–155 (in Russian).
- Valentsev A.S., Snegur P.P. 2010. Acclimatization of the American mink *Neovison vison (Mustela vison)* in the Kamchatka Territory. *Proceedings of the X International scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 22–30 (in Russian).
- Valentsev A.S., Snegur P.P., Primak T.I. 2022. Results of acclimatization of American mink in Kamchatka Krai. *Vestnik okhotovedeniya (Bulletin of Hunting)*. Vol. 19. № 3. P. 143–150 (in Russian).
- Vershinin A.A. 1977. Ermine (Kamchatka). Siberianweasel, ermine, otter. Moscow: Nauka Publ. P. 146–153 (in Russian).
- Demshin N.I. 1975. Oligochaetes and leeches as intermediate hosts of helminths. Novosibirsk: Nauka Publ. Siberian Branch. 191 p. (in Russian).
- Domnich I.F. 1982. The burbot is a reservoir host for the nematode *Soboliphyme baturini* (Petrow, 1930). *Parazitologiya (Parasitology)*. Vol. 16. Iss. 6. P. 497–499 (in Russian).
- Ivashkin V.M., Kontrimavicius V.L., Nazarova N.S. 1971. Methods of collection and study of helminths of land mammals. Moscow: Nauka Publ. 123 p. (in Russian).
- Karmanova E.M. 1963. Development of *Soboliphyme baturini* Petrow, 1930 (Nema-

- toða, Dioctophymata) in an intermediate host. In: Helminths of humans, animals and plants and their control. To the 85th anniversary of Acad. K.I. Skryabin, K.I. Anniversary. Moscow: Akad. Nauk SSSR Publ. P. 241–243 (in Russian).
- Karmanova E.K. 1968. The family Soboliphymidae (Petrow, 1930). In: Fundamentals of nematology. Moscow: Nauka Publ. Vol. XX. P. 194–226 (in Russian).
- Karpenko S.V. 1985. The large tooth sandpiper – reservoir nematode host *Soboliphyme baturini* Petrow, 1930. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR. Seriya: Biologicheskie nauki (Proceedings of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Biological sciences)*. № 18. Vol. 3. P. 73–76 (in Russian).
- Kiris I.D. (ed.). 1973. Acclimatization of game animals and birds in the USSR. Kirov: Volgo-Vyatskoe Publ. Part 1. 536 p. (in Russian).
- Kozlov D.P. 1977. Identifier of helminths of predatory mammals of the USSR. Moscow: Nauka Publ. 275 p. (in Russian).
- Kontrimavichus V.L. 1963. Marten helminthofauna of the Far East. *Trudy GELAN SSSR (Proceedings of GELAN USSR)*. Moscow: Akad. Nauk SSSR Publ. Vol. 13. P. 26–47 (in Russian).
- Kontrimavichus V.L. 1966. Helminthofauna of muskrats (Mustellidae) of USSR. *Trudy GELAN SSSR (Proceedings of GELAN USSR)*. Moscow: Akad. Nauk SSSR Publ. Vol. 17. P. 54–82 (in Russian).
- Kontrimavichus V.L. 1969. The helminth fauna of the polecat and the ways of its formation. Moscow: Nauka Publ. 432 p. (in Russian).
- Kontrimavichus V.L., Atrashkevich G.I. 1982. Parasitic systems and their importance in the population biology of helminths. *Parazitologiya (Parasitology)*. Vol. 16. Iss. 3. P. 177–187 (in Russian).
- Krivenko V.G., Valentsev A.S., Gerasimov Yu.N. et al. 2019. Game animals of Kamchatka Krai (state of resources, protection and rational use). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 237 p. (in Russian).
- Pavlov M.P., Korsakova I.B., Timofeev V.V., Safonov V.G. 1973. Acclimatization of game animals and birds in the USSR. Under edition of I.D. Kiris. Kirov: Volgo-Vyatskoe Publ. Part 1. 536 p. (in Russian).
- Pelgunov A.N., Maklakova L.P. 2013. Parasitological aspects associated with acclimatization and introduction of wild ungulates. *Rossiiskij parazitologicheskij zhurnal (Russian Parasitological Journal)*. № 3. P. 67–75 (in Russian).
- Pronin N.M., Zhaltsanova D.-S.D., Pronina S.V., Nekrasov A.V. 1991. Dynamics of animal helminth infestation. Ed. V.Z. Tsyrenova. Ulan-Ude: Siberian Branch of Akad. Nauk SSSR Publ., Institute of Biology. 202 p. (in Russian)
- Radchenko N.M. 1996. Changes in pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) parasitofauna in connection with introduction in large lakes of North-West Russia. *Parazitologiya (Parasitology)*. Vol. 30. № 1. P. 53–58 (in Russian).
- Skryabin K.I. 1928. Method of complete helminthological dissections of vertebrates, including man. Moscow: Moscow State University Publ. 45 p. (in Russian).
- Tranbenkova N.A. 1996. Helminth infestations as one of the mechanisms of mammal population regulation (by the example of the Siberian Crane of Kamchatka Region). *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. 22 p. (in Russian).
- Tranbenkova N.A. 2006. Helminths of the polecat Mustelidae of Kamchatka. Vladivostok: Dalnauka Publ. 254 p. (in Russian).

- Tranbenkova N.A. 2018. Variability of body length of the sable stomach nematode *Soboliphyme baturini* in different areas of the Kamchatka Peninsula. *Proceedings of the Russian scientific conference with international participation*. Tolyatti: Poliar Publ. P. 292–300 (in Russian).
- Chesnokov N.I. Should animals be relocated? Hunting Spaces. Book 2. Reutov: ERA Publ. P. 166–179 (in Russian).
- Holmes I.C., Hobbs P.P., Leong T.S. 1977. Population in Perspective: Community Organisation and Regulation or Parasite Populations. *Regulation of Parasite Populations*. G.W. Esh. New York. London. San Franc. Academ. Press. Instit. P. 209–246.
- Petrov A.M. 1930. Zur Charakteristik des Nematoden aus Kamtschatkaer Zobeln *Soboliphyme baturini* nov. gen. n. sp. *Zoologischer Anzeiger*. Leipzig. № 86. P. 265–271.
- Tranbenkova N.A. 1987. Kamchatka predators helminthfauna formation and peculiarities. *Abstracts XVIII-th Congress of the International Union of Game Biologists*. Poland: Jagellonian University. P. 204–205.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Транбенкова Нина Алексеевна** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории экологии животных; helm@mail.ru. SPIN-код: 9424-3821; Author ID 453570.

**Tranbenkova Nina Alexeevna** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Animal Ecology; helm@mail.ru. SPIN-code: 9424-3821; Author ID 453570.

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2024; статья принята к публикации: 13.12.2024.

The article was submitted 14.06.2023; approved after reviewing 04.12.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Транбенкова Н.А. 2024. Рост зараженности соболя и горностая нематодой желудка *Soboliphyme baturini* – один из результатов акклиматизации американской норки на полуострове Камчатка. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 87–107. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-87-107>.

For citation: Tranbenkova N.A. 2024. Increase of stomach nematode, *Soboliphyme baturini*, infection in sable and ermine as one of the results of American mink acclimatization in Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 87–107 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-87-107>.

Научная статья

УДК 638.162

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-70-108-121

## ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ КАМЧАТСКИХ МЕДОВ ИЗ АВАЧИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Гончаров Б.И.<sup>1</sup>, Снегур П.П.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

<sup>2</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

<sup>3</sup> Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Камчатский край, Елизовский р-он, п. Сосновка, ул. Центральная, 4.

Камчатский мед имеет ряд особых качеств, благодаря чему на местном рынке на него всегда отмечается высокий спрос. Для контроля подлинности его географического происхождения необходимо определить характерные признаки местного продукта, позволяющие отличать его от привозных медов. Был проведен пыльцевой анализ образцов меда урожая 2023 года с восьми пасек, располагающихся в Авачинской низменности, где сосредоточена основная часть камчатских пасек. Основу пыльцевого спектра составляют пять таксонов растений: ива, клевер, малина обыкновенная, рябина сибирская и боярышник зеленомякотный. На их долю приходится более 90% пыльцевых зерен. Из общего числа учтенных пыльцевых зерен размер 95% не превышает 30 микрометров. Данной работой начаты исследования по установлению идентификационных показателей камчатских медов.

**Ключевые слова:** камчатский мед, кормовая база медоносной пчелы, мелиссопалинологический анализ, растительный таксон, пыльцевые зерна.

Original article

### POLEN ANALYSIS OF HONEIS FROM THE AVACHA LOWLAND IN KAMCHATKA

Goncharov B.I.<sup>1</sup>, Snegur P.P.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

<sup>2</sup> Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

<sup>3</sup> Kamchatka Research Institute of Agriculture, Kamchatka Territory, Elizovsky District, Sosnovka Village, Centralnaya Str. 4.

Kamchatka honey has a number of special qualities, which makes it always in high demand on the local market. To control the authenticity of its geographical origin, it is necessary to identify the features of a local product, which help to distinguish it from the imported analogues. The pollen analysis of honey samples of 2023 harvest from eight apiaries located in the Avacha lowland was carried out. The basis of the pollen

spectrum consists of five plant taxa: *Salix sp.*, *Rubus idaeus*, *Trifolium sp.*, *Sorbus aucuparia L. subsp. Sibirica* and *Crataegus chlorosarca*, which account for more than 90% of pollen grains. The size of 95% of them does not exceed 30 micrometers. This work initiated research to establish the identification indicators of Kamchatka honey.

**Key words:** Kamchatka honey, food base of honey bee, melissopalynological analysis, plant taxon, pollen grains.

## ВВЕДЕНИЕ

Пчеловодство на Камчатке в настоящее время находится только в начальной стадии своего развития. Прежде всего, это объясняется довольно суровыми для медоносной пчелы климатическими условиями и историческими предпосылками в социально-экономической сфере края. Сейчас на полуострове существует несколько десятков небольших пасек (до шестидесяти пчелиных семей). Все они действуют пока на любительском уровне. Владельцев пчел, для которых это занятие являлось бы основным источником дохода, на Камчатке пока нет, но для многих из них оно служит достаточно важным источником дополнительных денежных средств. Это говорит об определенных перспективах камчатского пчеловодства.

Мед местного производства уже около трех десятков лет продается на камчатском рынке. Продукт высоко ценится местными потребителями, поскольку имеет особые свойства [Снегур, Гончаров, 2019]. Но, к сожалению, было неоднократно замечено и покупателями, и пчеловодами, как под видом камчатского меда на рынке продаются привозные сорта, что дискредитирует настоящий продукт и приносит большой вред зарождающейся отрасли. Для дальнейшего развития и становления в крае промышленного пчеловодства необходимо определить отличительные характеристики камчатского меда, с помощью которых его можно было бы достаточно точно идентифицировать.

В настоящее время используется множество показателей для проведения экспертизы меда. Предпринимаются попытки определять географическое происхождение этого продукта на основании анализа комплекса различных физико-химических показателей, а также по соотношениям изотопов углерода, микроэлементов и другими методами [Ruoff et al., 2006; Ursulin-Trstenjak et al., 2015; Zhou et al., 2018; Tomczyk et al., 2019; Scholz et al., 2020]. Однако такие способы все же не позволяют четко утверждать, что исследованный образец получен на какой-то определенной территории или, напротив, не может происходить из какой-то конкретной местности, поскольку на уровне показателей влияет большое число факторов, которые часто невозможно учесть. Пока существует только один метод, пригодный для установления географического происхождения меда – мелиссопалинологический анализ. Он успешно используется на практике уже на протяжении более чем семи десятилетий [Maurizio, 1951; Louveaux et al., 1978; de Almeida-Muradian et al., 2020]. Суть метода состоит в микроскопическом исследовании меда на предмет определения содержащихся в нем включений, прежде всего, пыльцевых зерен, а также других элементов. Идентификация таксономической принадлежности пыльцы происходит по уникальным морфологическим особенностям строения внешней оболочки пыльцевого зерна (экзины) – по апертурам и текстуре поверхностной скульптуры [Федорова, 1959; Рудая, 2010].

Следует отметить, что соотношение числа пыльцевых зерен определенного происхождения обычно не соответствует доле нектара, собранного с этих цветков. Существуют медоносы с «недо- и перепредставленной» пыльцой [Bryant, Jones 2001; Курманов, 2020]. В мед могут попадать пыльцевые зерна тех видов растений, которые пчелы посещают не как источники нектара, а только как источники пыльцы. Также пыльца непосещаемых растений может заноситься в нектар ветром. В некоторые периоды, особенно весной, пчелы активно посещают опыляемые ветром растения [Панков, 2010]. При извлечении меда из сотов путем центрифугирования пыльцевые зерна тоже попадают в продукт из ячеек с пергой [Terer et al., 2018]. Таким образом, мед содержит пыльцевые зерна цветков тех растений, которые посещались пчелами для сбора и углеводного, и белкового кормов, и даже не используемых пчелами растений. Это сильно затрудняет определение ботанического происхождения меда. Но в него не может попадать естественным путем пыльца растений, которые не произрастают в районе его заявленного происхождения. Таким образом, для установления подлинности местных медов метод является эффективным.

На Камчатке сегодня около 90% пчелиных семей располагается стационарно на приусадебных или дачных участках в районе Авачинской низменности в среднем и нижнем течении рек Авачи и Паратунки [Снегур, 2009а]. Это наиболее населенная зона полуострова, где окружающий ландшафт существенно изменен, и массово произрастает множество адвентивных видов растений, часть которых может входить в состав кормовой базы медоносной пчелы. Данное обстоятельство может вносить в процедуру географической идентификации меда определенные сложности.

Ранее по визуальным наблюдениям и сборам приносимой пыльцы нами были установлены основные виды растений, которые посещались медоносной пчелой в одной из периферийных зон данного района – в урочище Безводном (15 км на юго-запад от вершины вулкана Корякская Сопка) [Снегур, 2009б]. Позже мы расширили наблюдения и определили медоносы в некоторых других местах.

В мае с началом сезона активной жизнедеятельности пчелиных семей пчелы могут собирать пыльцу в незначительных количествах с ветреницы слабой (*Anemone debilis*), мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*), тополя душистого (*Populus suaveolens*). Но основными источниками пыльцы, а также и нектара являются ивы (*Salix sp.*), прежде всего ива козья (*S. caprea*) и ива удская (*S. udensis*). С конца мая по середину июня много пчел посещают пыльценос жимолость голубую (*Lonicera caerulea*). В июне на большинстве пасек важнейшим медоносом является одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*). Также пчелы используют в основном как источник пыльцы княжик охотский (*Atragene ochotensis*) и как источник нектара княженику арктическую (*Rubus arcticus*), собирают пыльцу с ветроопыляемого вида – ольховника (*Alnus fruticosa*). С конца июня в течение двух недель пчелы активно посещают для сбора пыльцы соцветия боярышника зеленомякотного (*Crataegus chlorosarca*) и рябины сибирской (*Sorbus aucuparia L. subsp. sibirica*). С последней декады июня в течение 40–45 дней используется как достаточно надежный нектаронос герань волосистоцветковая (*Geranium erianthum*), в июле пчелы посещают выращиваемые садоводами Melissa лекарственную (*Melissa officinallis*), мяту перечную (*Mentha piperita*), а из дикорастущих видов – реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense*), морковник

лесной (*Anthriscus sylvestris*), борщевик шерстистый (*Heracleum lanatum*) и борщевик Сосновского (*H. sosnowskyi*), также наблюдался сбор пыльцы с шиповника тупоушкового (*Rosa amblyotis*). Главный медосбор на Камчатке длится приблизительно с 10 июля по 20-е числа августа. Его обычно обеспечивают клевер ползучий (*Trifolium repens*), клевер гибридный (*T. hybridum*), хамерион узколистный (*Chamerion angustifolium*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*), герань волосистоцветковая. В конце августа и сентябре пчелы продолжают использовать оба вида клевера, активно посещают очанку Максимовича (*Euphrasia maximowiczii*), ястребинку зонтичную (*Hieracium umbellatum*). Пыльцевые зерна всех этих видов могут быть представлены в пробах камчатских медов.

Нами предварительно уже были отмечены некоторые особенности камчатского меда в сравнении с привозными медами [Снегур, Гончаров, 2019]. В частности, были описаны основные органолептические свойства продукта, указан диапазон показателей по диастазному числу и содержанию влаги. В отношении палинологических особенностей было отмечено значительно меньшее содержание пыльцевых зерен в камчатском меде, в отличие от привозных образцов меда, приобретенных в розничной торговой сети. Целью настоящей работы является продолжение этих исследований и определение по пыльцевому составу характерных признаков меда, собранного пчелами в районе Авачинской низменности Камчатского края.

Были поставлены следующие задачи: 1) определить количественные доли пыльцевых зерен растений определенных таксонов в образцах меда из разных мест данного района; 2) оценить процентное соотношение пыльцевых зерен по их размерам в пробах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы осуществлялись на базе лаборатории химического анализа Камчатского филиала ФБГНУ «ВНИРО». Микроскопирование готовых препаратов проводилось на микроскопе «OlympusBH-2» в лаборатории здоровья гидробионтов Камчатского филиала ФБГНУ «ВНИРО».

Исследовался мед урожая 2023 г. Все образцы меда были получены центробежным способом на восьми пасеках и приобретены непосредственно у владельцев пчел. Хозяйства расположены в разных частях Авачинской низменности (см. рис.).

Пробоподготовка и получение пыльцевых зерен из образцов меда проводилось согласно ГОСТ 31769-2012 «Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен».

Навеска для выделения пыльцы составляла 10 граммов для всех образцов меда. Концентрирование пыльцевых зерен из водного раствора меда осуществлялось путем центрифугирования. Далее проводился ацетоллиз пыльцевых зерен с использованием трихлоруксусной кислоты [Гончаров, Лебедько, 2023]. Данная операция позволяет растворить и вывести интину из них, вследствие чего апертуры и морфологические особенности поверхности пыльцевых зерен становятся более четкими при микрокопировании. Готовые пыльцевые зерна с помощью ацетона переносились на предметные стекла, равномерно распределялись шпателем или кончиком дозатора и фиксировались покровными стеклами с использованием глицеринового желатина. Далее на этапе микрокопирования происходил подсчет общего числа пыльцевых зерен, их таксономическая идентификация и определение их количества относительно каждого найденного таксона.

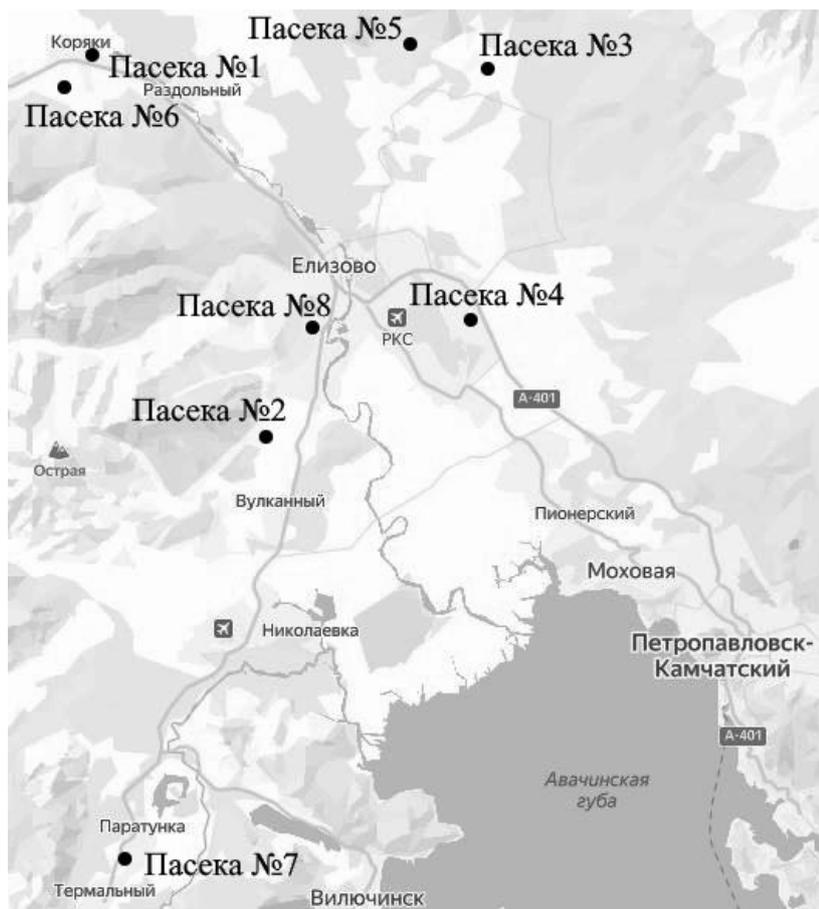


Рис. Схема расположения пасек

Fig. The layout of apiaries

Подсчет пыльцевых зерен производился по пяти рядам, причем каждый ряд включал в себя не менее 10 полей зрения и 100 пыльцевых зерен. В случае когда в пробе содержание пыльцы было особенно низким, подсчет велся по одной непрерывной линии.

Для установления принадлежности пыльцевых зерен определенным растениям были использованы эталонные препараты из пыльцы, полученной непосредственно с их цветков. Также выяснение таксономической принадлежности пыльцевых зерен осуществлялось путем сравнения их видимых особенностей с фотоматериалами, представленными в пыльцевых атласах и палинологической литературе [Бурмистров, Никитина, 1990; Курманов, Ишбирдин, 2013; Карпович и др., 2015], а также в электронной базе Paldat.org.

Поскольку идентификация пыльцевых зерен до вида, а нередко и до рода представляет большие сложности, указывался таксономический ранг, исключающий ошибочность (в случаях когда пыльцевое зерно можно было отнести к нескольким группам). Если на территории вблизи пасек род представлен только одним видом – указывался вид.

Названия растений даны в соответствии с Каталогом флоры Камчатки [Якубов, Чернягина, 2004].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку все пасеки, взятые в исследование, расположены в одном районе, кормовые условия пчелиных семей на них весьма близки. Авачинская низменность

относится к зоне лесного пояса. На ее территории наибольшее естественное распространение имеют каменноберезняки и пойменные комплексы, распространены болотные и луговые формации. Все эти сообщества в большей или меньшей степени представлены на кормовых участках всех пастбищ. Очень важным фактором, влияющим на состав кормовой базы насекомых, является антропогенное воздействие на ландшафты и, соответственно, на растительность, проявляющееся повсеместно в данном районе с разной выраженностью в отдельных ее местах. Учитывая, что продуктивный лет медоносной пчелы составляет около 3 км [Аветисян, 1982], пче-

линые семьи во всех хозяйствах имеют сходные в своей основе спектры медоносных и пыльценосных источников.

Результаты пыльцевого анализа меда, полученного на исследуемых пастбищах, представлены в таблице 1. Все образцы содержат пыльцевые зерна ивы (*Salix sp.*), малины обыкновенной (*Rubus idaeus*), клевера (*Trifolium sp.*) и рябины сибирской (*Sorbus aucuparia L. subsp. sibirica*). Кроме того, в большинстве образцов в значимом количестве присутствуют пыльцевые зерна боярышника зеленомякотного (*Crataegus chlorosarca*), и только в меде с пастбища № 2 (близ п. Пограничного) пыльца данного вида не обнаружена вовсе.

Таблица 1. Данные пыльцевого анализа образцов меда с разных пастбищ из Авачинской низменности

Table 1. Pollen analysis data of honey samples from apiaries of Avacha lowland

№ п/п	Растения	Частота встречаемости пыльцевых зерен, %								Размерная группа пыльцевых зерен*
		Пастбища								
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	
Медоносные растения										
1	Ива ( <i>Salix sp.</i> )	85,5	11,4	69,1	27,7	7,3	49,2	5,7	66,1	мелкие
2	Малина обыкновенная ( <i>Rubus idaeus</i> )	2,7	7,8	20,1	43,4	66,9	6,1	26,9	10,3	мелкие
3	Клевер ( <i>Trifolium sp.</i> )	2,1	65,2	2,3	12,4	15,8	14,7	35,4	15,1	мелкие
4	Рябина сибирская ( <i>Sorbus aucuparia. subsp. sibirica</i> )	4,9	7,6	5,7	1,8	0,7	2,9	16,3	2,7	средние
5	Боярышник зеленомякотный ( <i>Crataegus chlorosarca</i> )	ед.		ед.	2,7	2,1	3,3	6,1	3,2	средние
6	Лабазник ( <i>Filipendula sp.</i> )	0,7	1,2		2,2	0,7	ед.	2,6		мелкие
7	Спирея ( <i>Spiraea sp.</i> )	0,6			0,3	ед.	1,3	1,3	ед.	мелкие
8	Кровохлебка лекарственная ( <i>Sanguisorba officinalis</i> )	1,2					2,2	0,7		средние
9	Сабельник болотный ( <i>Comarum palustre</i> )		2,3	ед.	ед.	0,9	ед.			мелкие
10	Льнянка обыкновенная ( <i>Linaria vulgaris</i> )				0,8	1,2	1,3			мелкие
11	Сурепка ( <i>Barbarea sp.</i> )	ед.	ед.	ед.			1,8			мелкие
12	Фацелия пижмолистная ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> )			ед.		0,9	0,7			мелкие
13	Одуванчик ( <i>Taraxacum sp.</i> )	ед.	1,7				ед.		ед.	мелкие
14	Борщевик ( <i>Heracleum</i> )							1,4		средние
15	Лапчатка ( <i>Potentilla sp.</i> )				1,7					мелкие
16	Хамерион узколистный ( <i>Chamerion angustifolium</i> )					0,8		ед.		средние
17	Вишня ( <i>Cerasus sp.</i> )				0,8		ед.			средние
18	Горец почечуйный ( <i>Polygonum persicaria</i> )				0,8	ед.				средние

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

№ п/п	Растения	Частота встречаемости пыльцевых зерен, %								Размерная группа пыльцевых зерен*
		Пасеки								
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	
19	Донник ( <i>Melilotus sp.</i> )	0,4				ед.		ед.	ед.	средние
20	Синюха ( <i>Polemonium sp.</i> )	ед.				ед.				средние
21	Ирис щетинистый ( <i>Iris setosa</i> )					ед.		ед.		средние
22	Золотарник таволголистный ( <i>Solidago spiraeifolia</i> )							ед.	ед.	мелкие
23	Реброплодник ( <i>Pleurospermum</i> )							ед.		мелкие
24	Липа ( <i>Tilia sp.</i> )							ед.		средние
25	Жимолость ( <i>Lonicera sp.</i> )							ед.		крупные
26	Бодяк ( <i>Cirsium sp.</i> )								ед.	средние
27	сем. Крестоцветные (Brassicaceae)*	ед.	ед.		ед.	ед.	6,3		ед.	мелкие
28	сем. Бобовые (Fabaceae)*			ед.	1,9	ед.	2,2			средние
29	сем. Яснотковые (Lamiaceae)						6,3	ед.	ед.	средние
30	сем. Норичниковые (Scrophulariaceae)*				0,8				ед.	средние
31	сем. Лютиковые (Ranunculaceae)	0,6			1,2					средние
32	сем. Лилейные (Liliaceae)							1,3		крупные
Безнектарные растения										
33	Осока ( <i>Carex sp.</i> )	ед.	ед.	1,2	ед.	1,7		1,3	ед.	средние
34	Береза каменная ( <i>Betula ertmanii</i> )	0,7	0,5	1,1	0,5				1,6	средние
35	Ольха ( <i>Alnus sp.</i> )	0,3					0,7			мелкие
36	Можжевельник сибирский ( <i>Juniperus sibirica</i> )	ед.								средние
37	Щавельник ( <i>Rumex sp.</i> )		0,9							средние
38	Дуб ( <i>Quercus sp.</i> )		0,4							мелкие
39	Ясень ( <i>Fraxinus sp.</i> )	ед.								мелкие

\* мелкие – до 25  $\mu\text{m}$ , средние – от 26 до 50  $\mu\text{m}$ , крупные – свыше 50  $\mu\text{m}$ 

\*\* за исключением отдельно указанных представителей

\* small – up to 25  $\mu\text{m}$ , medium – from 26 to 50  $\mu\text{m}$ , large – over 50  $\mu\text{m}$ 

\*\* except for the separately specified representatives

По средним показателям наиболее часто встречаются ивовые пыльцевые зерна. Дело в том, что в самом начале активного сезона некоторые виды ивы являются важнейшими и почти единственными источниками белкового и углеводного корма. Пчелиные семьи в данный период наряду с текущим потреблением ивовой пыльцы для выращивания расплода запасают ее большое количество. Как правило, от этого источника в сотах накапливаются довольно большие резервы перги, которые не

расходуются с появлением новых пыльценосов, поскольку, имея выбор, пчелы обычно предпочитают потреблять свежую пыльцу [Лебедев, Биладш, 1994]. В связи с этим во время откачки меда в результате действия центробежной силы пыльцевые зерна ивы из ячеек с пергой могут попадать в продукт в относительно больших количествах.

Ивы в Авачинской низменности широко распространены. Особенно часто встречается ива удская (*S. udensis*). Этот вид

является эдификатором пойменного леса. Но, кроме того, он быстро и активно занимает нарушенные площади, в том числе вдоль грунтовых дорог, участвуя в пионерных группировках растений. Поэтому ивовая пыльца здесь доступна для пчел в достаточно больших объемах повсеместно, даже вдали от пойменных сообществ.

Пыльцевые зерна малины по частоте встречаемости занимают второе место. В районе исследований различные сорта малины обыкновенной массово произрастают во всех садовых некоммерческих товариществах, являясь одними из наиболее часто выращиваемых растений, которые высаживаются садоводами обычно уже в первый сезон освоения дачного участка. Цветет малина в июле – начале августа. Это растение, имея большое распространение вокруг пасек, нередко служит весьма важным источником пыльцы и нектара во время главного медосбора, т. е. в период, когда пчелиные семьи формируют основную часть годового запаса углеводного корма и летная активность пчел достигает максимальных значений. Хотя в некоторые годы пчелы посещают его заметно реже, очевидно, из-за сниженной нектаропродуктивности при определенных условиях.

Доля пыльцевых зерен клевера в нашем исследовании в среднем незначительно уступает показателю малины. Клевер ползучий и клевер гибридный ежегодно очень активно посещаются пчелами. Точно дифференцировать пыльцевые зерна этих двух видов очень сложно, поэтому указан только род. Оба вида заносные.

В антропогенном ландшафте клевер ползучий распространен повсеместно, особенно на открытых тропинках и вокруг них, поскольку весьма устойчив к вытаптыванию. Более 30 лет назад этот вид выращивался на искусственных пастбищах,

но в настоящее время эти поля сильно деградировали. Данное растение в нынешних условиях находится в довольно угнетенном состоянии, и в большинстве случаев его доля в травостое на этих территориях составляет всего не более 10–15%. Тем не менее суммарно в проективном покрытии на кормовых участках пчел этот вид, как правило, занимает достаточно большие площади. Клевер гибридный имеет значительно меньшее распространение, но пчелы по возможности посещают его более охотно.

Ранее нами было установлено, что на Камчатке с середины июля до конца августа из всего объема собираемой пчелиными семьями пыльцы доля клеверных обножек может держаться на уровне 80–95% [Снегур, 2009б]. Пыльцевые зерна клевера могут попадать в мед как при сборе нектара пчелами (поскольку оба вида клевера являются медоносами главного взятка), так и при откачке меда из сотов (поскольку пчелиные семьи обычно создают большие запасы клеверной перги).

Род рябина (*Sorbus*) на Камчатке представлен двумя видами: рябиной сибирской (*S. aucuparia* L. subsp. *sibirica*) и рябиной бузинолистной (*S. sambucifolia*). В исследуемом районе широко распространен первый вид, и крайне редко вблизи только некоторых пасек может встречаться второй. Очевидно, в мед попадают пыльцевые зерна рябины сибирской. Довольно крупные соцветия весьма удобны для посещения пчелами, поскольку расположены открыто на поверхности кроны достаточно высокого дерева. Аналогичными особенностями, как источник пчелиного корма, характеризуется и боярышник зеленомякотный, за исключением того, что высота его деревьев существенно меньше, но они располагаются на более открытых участках (в составе разреженного древостоя, на опушках леса или отдельно). Оба вида

цветут в конце июня – начале июля в течение 12–15 дней. Принос нектара в гнезда обычно почти весь этот период отсутствует, но пчелы ежегодно очень активно их используют как источники пыльцы. По нашим данным, в дневном сборе пчелиных обножек на долю рябины может приходиться почти 40%, а на долю боярышника почти 60% [Снегур, 2009б].

В исследуемом материале пыльца боярышника содержится в значительно меньшем количестве, чем рябины, т. е. имеет место обратное соотношение. Данное положение можно объяснить тем, что пыльцевые зерна первого вида по размеру приблизительно в два раза крупнее пыльцевых зерен второго, и, соответственно, они значительно легче будут удаляться из содержимого зобиков при переработке нектара пчелами. Пыльца рябины и боярышника в нектар может попадать в самом конце их цветения, когда обычно начинается главный медосбор с других видов и в сотах начинают накапливаться запасы меда. Но также пчелы могут заготавливать большие объемы рябиновой и боярышниковой перги, и при откачивании меда она может попадать в продукт из ячеек сотов. Для прояснения этого вопроса необходимы дальнейшие более подробные исследования.

Эти пять таксонов составляют основу палинологического спектра меда, получаемого в Авачинской низменности. При этом процентное соотношение количества пыльцевых зерен этих растений в медах с разных пасек может сильно различаться. Например, в меде с пасеки № 1 доля пыльцевых зерен ивы достигала 85,5%, а с пасеки № 7 – всего 5,7%, хотя оба хозяйства расположены вблизи обширного пойменного леса, с доминированием в древостое ивы удской. Мед с пасеки № 2 содержит 65,2% клеверных пыльцевых зерен, но в продукте с пасек № 1 и № 3 их доля составляет всего

чуть более чем по 2%. Такие различия могут быть обусловлены целым рядом причин. Это и обилие данного растительного вида вблизи пасеки, и погодные условия в период его цветения, и, соответственно, нектарная и пыльцевая продуктивность цветков; это особенности состояния пчелиных семей в период сбора, которые могут определяться как условиями содержания пчел, так и микроклиматом местности; это может быть и предпочтительность в посещении пчелами определенных видов в связи с их генетическими предрасположенностями (флороспециализация пчелиных семей [Билаш, Кривцов, 1991]), а также наличие конкурентной флоры. Имеет значение и характер медосбора (короткий и интенсивный или умеренный продолжительный), что оказывает влияние на качество очищения нектара в зобиках пчел. Все эти факторы могут как выделяться по отдельности, так и действовать в комплексе.

Часть образцов меда в небольших, но заметных количествах содержит пыльцевые зерна лабазника (могут происходить от двух видов), спиреи (от трех видов), кровохлебки лекарственной и сабельника болотного. На Камчатке все эти растения автохтонные.

Также можно отметить присутствие в большинстве образцов пыльцевых зерен таких ветроопыляемых растений, как осика, береза каменная, ольха. В незначительных количествах встречается пыльца еще ряда растений – как местных, так и заносных: льнянки, сурепки, фацелии, одуванчика, борщевика, лапчатки, хамерии, вишни, горца и др. В некоторых пробах присутствует пыльца таких «экзотических» для Камчатки деревьев, как липа, дуб, ясень (факты выращивания в декоративных целях этих деревьев садоводами на дачных участках зафиксированы). Часть

пыльцевых зерен удалось идентифицировать только до уровня семейства.

В ходе исследования было установлено, что крупные пыльцевые зерна (размером свыше 50 микрометров) в камчатском меде встречаются очень редко и не во всех образцах. Мелкие пыльцевые зерна (размером до 25 микрометров) составляют большую часть пыльцы в подавляющем большинстве проб. Пыльцевые зерна среднего размера (от 26 до 50 микрометров) представлены преимущественно клевером, и их размер не превышает 30 микрометров (табл. 2).

Пыльца, обнаруженная в меде из Авачинской низменности, принадлежит в среднем шестнадцати таксонам растений (от 11 до 21).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно перечислить основные мелиссопалинологические признаки меда из Авачинской низменности урожая 2023 г. В целом в пробах меда, полученных с восьми пасек, выделены пыльцевые зерна 39 таксонов (от 11 до 21 в отдельных образцах), большую часть которых (более

90%) составляют всего пять: ива (*Salix sp.*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), клевер (*Trifolium sp.*), рябина сибирская (*Sorbus aucuparia L. subsp. sibirica*) и боярышник зеленомякотный (*Crataegus chlorosarca*). Но их процентное соотношение в образцах меда с разных пасек может значительно различаться. Размер приблизительно 95% пыльцевых зерен в пробах не превышает 30 микрометров, что достаточно характерно для любого натурального меда.

Данные исследования необходимо продолжить, чтобы определить уровень стабильности выявленных характеристик, поскольку в разные годы картина может меняться. И несмотря на то, что в настоящее время основная часть пчеловодческой продукции на полуострове производится в зоне, охваченной текущими исследованиями, следует расширить наблюдения и включить в работу все районы, где существуют действующие пасеки (Мильковский, Быстринский, Усть-Камчатский). Установление мелиссопалинологических особенностей камчатского меда позволит четко отличать продукт местных производителей от привозных аналогов, что будет способствовать успешному развитию пчеловодства в Камчатском крае.

Таблица 2. Размерные спектры и число таксонов пыльцевых зерен в камчатских медах из Авачинской низменности

Table 2. Size spectra and number of pollen grain taxa in Kamchatka honey samples from the Avacha lowland

Пасека	Число пыльцевых зерен, подсчитанных для анализа, шт.	Соотношение пыльцевых зерен по размеру: мелкие (до 25 $\mu\text{m}$ )/ средние (до 50 $\mu\text{m}$ )/ крупные (свыше 50 $\mu\text{m}$ ), %	Количество идентифицированных таксонов
№ 1	509	95,9/4,0/-	19
№ 2	507	32,9/67,8/-	13
№ 3	531	96,6/3,4/-	11
№ 4	515	78,6 /20,6/0,8	18
№ 5	552	77,8/22,1/ед.	16
№ 6	506	69,5/30,4/ед.	21
№ 7	528	54,6/44,1/1,3	16
№ 8	547	81,3/18,7/-	15

## ЛИТЕРАТУРА

- Аветисян Г.А. 1982. Пчеловодство. Москва: Колос. 319 с.
- Билаш Г.Д., Кривцов Н.И. 1991. Селекция пчел. Москва: Агропромиздат. 304 с.
- Бурмистров А.Н., Никитина В.А. 1990. Медоносные растения и их пыльца. Москва: Агропромиздат. 192 с.
- Гончаров Б.И., Лебедево М.В. 2023. Возможность использования трихлоруксусной кислоты для ацетолиза при мелиссопалинологическом анализе. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 66. С. 80–87.
- ГОСТ 31769-2012. 2014. Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен. Москва: Стандартинформ. 15 с.
- Карпович И.В., Дребезгина Е.С., Еловицова Е.А. и др. 2015. Атлас пыльцевых зерен / Pollen Atlas. Екатеринбург: Уральский рабочий. 320 с.
- Курманов Р.Г. 2020. Органолептический и палинологический анализ меда: обзор современного состояния методик, характеристика монофлорных видов российского меда. *Инновации и продовольственная безопасность*. № 3 (29). DOI: 10.31677/2311-0651-2020-29-3-19-31
- Курманов Р.Г., Ишбирдин А.Р. 2013. Пыльцевой атлас. Уфа: Гилем. 304 с.
- Лебедев В.И., Билаш Н.Г. 1994. Оптимизация кормления пчелиных семей в течение года. Москва: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы. 56 с.
- Панков Д.М. 2010. Пчелоопыление и урожай. Москва: Академия Естествознания. 117 с.
- Рудая Н.А. 2010. Палинологический анализ. Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, Институт археологии и этнографии СО РАН. 48 с.
- Снегур П.П. 2009а. Медоносная пчела на Камчатке: перспективы и проблемы. *Доклады IX международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 106–124.
- Снегур П.П. 2009б. Флороспециализация медоносной пчелы (*Apis mellifera*) в районе урочища Безводное (юго-восточная Камчатка). *Труды КФ ТИГ ДВО РАН*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. Вып. VII. С. 177–191.
- Снегур П.П., Гончаров Б.И. 2019. О некоторых признаках камчатского пчелиного меда. *Материалы XX Международной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 85–88.
- Федорова Р.В. 1959. Некоторые особенности морфологии пыльцы культурных злаков. *Труды Института географии АН СССР: Материалы по геоморфологии и палеогеографии. Работы по спорово-пыльцевому анализу*. Вып. 77. С. 166–186.
- Якубов В.В., Чернягина О.А. 2004. Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 165 с.
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- de Almeida-Muradian L.B., Barth O.M., Diemann V. et al. 2020. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62. DOI: 10.1080/00218839.2020.1738135.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World*.

- Vol. 59. № 4. P. 139–157. DOI: 10.1080/0005772X.1978.11097714.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ruoff K., Luginbühl W., Künzli R. et al. 2006. Authentication of the botanical and geographical origin of honey by mid-Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. № 54. P. 6873–6880. doi.org/10.1021/jf060838r.
- Teper D., Semkiw P., Skubida P., Borański M. 2018. Bee bread cells in honey super distort the results of pollen analysis of honey. *Journal of Apicultural Science*. № 62(2). P. 257–263. DOI: 10.2478/jas-2018-0021.
- Tomczyk M., Tarapatsky M., Dzugan M. 2019. The influence of geographical origin on honey composition studied by Polish and Slovak honeys. *Czech Journal of Food Sciences*. № 37. P. 232–238. <https://doi.org/10.17221/40/2019-CJFS>.
- Zhou X., Taylor M.P., Salouros H., Prasad Sh. 2018. Authenticity and geographic origin of global honeys determined using carbon isotope ratios and trace elements. *Scientific Reports*. Oct 2. № 8(1). Art. № 14639. DOI: 10.1038/s41598-018-32764-w.
- Scholz M.B.S., Quinhone Júnior A., Delamuta B.H. et al. 2020. Indication of the geographical origin of honey using its physicochemical characteristics and multivariate analysis. *Journal of Food Science and Technology*. № 57. P. 1896–1903. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04225-3>.
- Ursulin-Trstenjak N., Levanic D., Primorac L. et al. 2015. Mineral profile of Croatian honey and differences due to its geographical origin. *Czech Journal of Food Sciences*. № 33(2). P. 156–164. DOI: 10.17221/502/2014-CJFS.
- REFERENCES**
- Avetisyan G.A. 1982. Beekeeping. Moscow: Kolos Publ. 319 p. (in Russian).
- Bilash G.D., Krivtsov N.I. 1991. Bee selection. Moscow: Agropromizdat Publ. 304 p. (in Russian).
- Burmistrov A.N., Nikitina V.A. 1990. Honey plants and their pollen. Moscow: Agropromizdatb Publ. 192 p. (in Russian).
- Goncharov B.I., Lebedko M.V. 2023. The possibility of using trichloroacetic acid for acetolysis of pollen grains in melissopalynological analysis. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 66. P. 80–87 (in Russian).
- GOST (State standard) 31769-2012. 2014. Honey. Method of pollen grains incidence detection. Moscow: Standardinform Publ. 15 p. (in Russian).
- Karpovich I.V., Drebezgina E.S., Elovikova E.A. et al. 2015. Atlas of pollen grains / Pollen Atlas. Ekaterinburg: Uralskiy rabochiy Publ. 320 p. (in Russian).
- Kurmanov R.G. 2020. Organoleptic and palynological analysis of honey: review of the current state of the methods, characteristics of monofloral species of Russian honey. *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost' (Innovation and Food Security)*. № 3(29). DOI: 10.31677/2311-0651-2020-29-3-19-31. (in Russian).
- Kurmanov R.G., Ishbirdin A.R. 2013. Pollen atlas. Ufa: Gilem Publ. 304 p. (in Russian).
- Lebedev V.I., Bilash N.G. 1994. Optimization of feeding of bee colonies throughout the year. Moscow: Center for Scientific and Technical Information, Propaganda and Advertising Publ. 56 p. (in Russian).

- Pankov D.M. 2010. Bee pollination and harvest. Moscow: Academy of Natural Sciences Publ. 117 p. (in Russian).
- Rudaya H.A. 2010. Palynological analysis: educational and methodological manual. Novosibirsk: Novosibirsk State University, Institute of Archeology and Ethnography SB RAS Publ. 48 p. (in Russian).
- Snegur P.P. 2009a. Honey bee in Kamchatka: perspectives and problems. *Proceedings of the IX International scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 106–124 (in Russian).
- Snegur P.P. 2009b. Florospecialization of the honey bee (*Apis mellifera*) in the area of the Bezdvodnoe tract (south-eastern Kamchatka). *Proceedings of the KF TIG FEB RAS*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. Vol. VII. P. 177–191 (in Russian).
- Snegur P.P., Goncharov B.I. 2019. About some characteristics of Kamchatka bee honey. *Proceedings of the XX International conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 85–88 (in Russian).
- Fedorova R.V. 1959. Some peculiarities of pollen morphology of cultural grass family. *Proceedings of Institute of Geography AS USSR "Materials of geomorphology and paleogeography"*. Iss. 77. P. 166–186 (in Russian).
- Yakubov V.V., Chernyagina O.A. 2004. Catalog of the Flora of Kamchatka (Vascular Plants) Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 165 p. (in Russian).
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- de Almeida-Muradian L.B., Barth O.M., Diemann V. et al. 2020. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62. DOI: 10.1080/00218839.2020.1738135.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World*. Vol. 59. № 4. P. 139–157. DOI: 10.1080/0005772X.1978.11097714.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ruoff K., Luginbühl W., Künzli R. et al. 2006. Authentication of the botanical and geographical origin of honey by mid-Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. № 54. P. 6873–6880. doi.org/10.1021/jf060838r.
- Teper D., Semkiw P., Skubida P., Borański M. 2018. Bee bread cells in honey super distort the results of pollen analysis of honey. *Journal of Apicultural Science*. № 62(2). P. 257–263. DOI: 10.2478/jas-2018-0021.
- Tomczyk M., Tarapatsky M., Dzugan M. 2019. The influence of geographical origin on honey composition studied by Polish and Slovak honeys. *Czech Journal of Food Sciences*. № 37. P. 232–238. https://doi.org/10.17221/40/2019-CJFS.
- Zhou X., Taylor M.P., Salouros H., Prasad Sh. 2018. Authenticity and geographic origin of global honeys determined using carbon isotope ratios and trace elements. *Scientific Reports*. Oct 2. № 8(1). Art. № 14639. DOI: 10.1038/s41598-018-32764-w.
- Scholz M.B.S., Quinhone Júnior A., Delamuta B.H. et al. 2020. Indication of the geographical origin of honey using its physicochemical characteristics and multivariate analysis. *Journal of Food Science and Technology*. № 57. P. 1896–1903. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04225-3.
- Ursulin-Trstenjak N., Levanic D., Primorac L. et al. 2015. Mineral profile of Croatian honey and differences due to its geographical origin. *Czech Journal of Food Sciences*. № 33(2). P. 156–164. DOI: 10.17221/502/2014-CJFS.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**  
**INFORMATIONS ABOUT THE AUTHORS**

**Гончаров Борис Игоревич** – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; заведующий Испытательным лабораторным центром; floop225@bk.ru. SPIN-код: 3406-8639, Author ID: 1117908.

**Goncharov Boris Igorevich** – Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Testing Laboratory Center; floop225@bk.ru. SPIN-code: 3406-8639, Author ID: 1117908.

**Снегур Павел Петрович** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Петропавловск-Камчатский; кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства; 684033, Камчатский край, Елизовский район, поселок Сосновка; старший научный сотрудник; snegur71@mail.ru. SPIN-код: 2674-5580, Author ID: 439127.

**Snegur Pavel Petrovich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Candidate of Agricultural Sciences; Leading Researcher; Kamchatka Research Institute of Agriculture; 684033, Kamchatka Territory, Elizovsky District, Sosnovka Village; Senior Researcher; snegur71@mail.ru. SPIN-code: 2674-5580, Author ID: 439127.

Статья поступила в редакцию 12.08.2024; одобрена после рецензирования 01.11.2024; статья принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 12.08.2024; approved after reviewing 01.11.2024; accepted for publication 13.12.2024.

Для цитирования: Гончаров Б.И., Снегур П.П. 2024. Пыльцевой анализ камчатских медов из Авачинской низменности. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 70. С. 108–121. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-108-121>.

For citation: Goncharov B.I., Snegur P.P. 2024. Polen analysis of honeis from the Avacha lowland in Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 70. P. 108–121 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-70-108-121>.

## **ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ»**

Журнал «Вестник КамчатГТУ» выпускается четыре раза в год и публикует результаты научных исследований по направлениям:

- 1.5.12. Зоология (биологические науки)
- 1.5.15. Экология (биологические науки)
- 1.5.16. Гидробиология (биологические науки)
- 1.5.20. Биологические ресурсы (биологические науки)
- 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки)
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (физико-математические науки)
- 4.3.3. Пищевые системы (биологические и технические науки)
- 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

В рамках общих направлений предпочтения отдается следующим профилям:

- научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;
- аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;
- пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала.

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском и английском языках.

### **Направление рукописей**

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: [vestnik@kamchatgtu.ru](mailto:vestnik@kamchatgtu.ru). Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

К рукописи статьи в электронном виде (скан-копии) должны быть приложены:

- анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);

- согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);
- согласие автора на обработку и передачу персональных данных (Приложение 3);
- акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;
- разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

### **Рецензирование рукописей**

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Статьи, присланные в журнал, проходят предварительное (общий допуск) и профильное (официальная рецензия) рецензирование. Вопрос об опубликовании рукописи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала.

Рецензентами журнала являются высококвалифицированные специалисты, имеющие степень доктора или кандидата наук и научные публикации в областях наук по профилю рецензирования.

Рукопись, получившая положительную оценку рецензентов, принимается к опубликованию в журнале на заседании редколлегии журнала.

Рукопись, получившая рекомендации по доработке, отправляется авторам. Исправленная рукопись проходит повторное рецензирование.

В случае получения отрицательной рецензии на рукопись автор получает мотивированный отказ в опубликовании. Решение редколлегии о принятии статьи к печати или ее отклонении сообщается авторам.

Редколлегия оставляет за собой право отклонить материал без указания причин. Отклоненные рукописи авторам не возвращаются.

Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет. При поступлении в редакцию соответствующего запроса редакция издания направляет копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

### **Опубликование рукописей**

Каждый номер научного журнала комплектуется из рукописей статей, прошедших рецензирование и принятых к опубликованию решением редакционной коллегии с учетом очередности поступления рукописи, ее объема и наполненности разделов.

Преимущественное право на публикацию имеют сотрудники КамчатГТУ, аспиранты, завершающие обучение в аспирантуре, и лица, выходящие на защиту диссертации в ближайшее время.

Автор может опубликовать в одном номере журнала не более одной статьи в качестве единственного автора.

Плата за публикации рукописей не взимается. Гонорар за публикации не выплачивается.

Полнотекстовые электронные версии выпусков журналов размещаются на сайте КамчатГТУ (<http://www.kamchatgtu.ru>), в Научной электронной библиотеке (НЭБ) (<http://elibrary.ru>).

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах размещаются в свободном доступе на сайте журнала, в электронных системах цитирования (базах данных) на русском и английском языках.

## Приложение 1

### Анкета-заявка

Полные Ф. И. О.	На русском и английском языках
Название статьи	На русском и английском языках
Ученая степень	На русском и английском языках
Ученое звание	На русском и английском языках
Должность (с указанием структурного подразделения)	На русском и английском языках
Место работы	На русском и английском языках
Адрес места работы (обязательно указать индекс)	На русском и английском языках
Членство в академиях (РАЕН, РАН, МАНЭБ, Военная и др.)	На русском и английском языках
Номера телефонов (мобильный, служебный, домашний)	
Адрес электронной почты (e-mail)	

## Приложение 2

### Согласие автора

**о передаче права на публикацию рукописи в научном журнале  
«Вестник Камчатского государственного технического университета»  
и распространение в российских и международных электронных базах данных**

Я, нижеподписавшийся, \_\_\_\_\_  
(Ф. И. О. автора)

автор рукописи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(название рукописи)

передаю на безвозмездной основе редакции научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**» неисключительное право на опубликование этой рукописи статьи (далее – Произведение) в печатной и электронной версиях научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**», а также на распространение Произведения путем размещения его электронной копии в базе данных «Научная электронная библиотека» («НЭБ»), представленной в виде информационного ресурса сети Интернет elibrary.ru. Территория, на которой допускается использование вышеуказанных прав на Произведение, не ограничена.

Я подтверждаю, что указанное Произведение нигде ранее не было опубликовано.

Я подтверждаю, что данная публикация не нарушает авторские права других лиц или организаций.

С правилами представления статей в редакцию научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**» согласен / согласна.

наименование  
организации

должность

дата

подпись

расшифровка  
подписи

**Согласие на публикацию  
и обработку персональных данных  
авторов научного журнала Вестник КамчатГТУ**

Я, \_\_\_\_\_, в соответствии с требованиями статьи 9 Федерального закона от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» даю согласие на обработку моих персональных данных издателю – ФГБОУ ВО «КамчатГТУ», расположенному по адресу: 683003, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, д. 35, ИНН 4100001140, ОГРН 1024101031790, в рамках процесса опубликования моей статьи в научном журнале «Вестник КамчатГТУ». Представленная статья не публиковалась ранее в других изданиях и не находится на рассмотрении в редакциях других издательств. Все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемой статьи, урегулированы. Публикация статьи не нарушает авторские права третьих лиц.

Подтверждаю свое согласие на опубликование и размещение полнотекстовой версии статьи и своих персональных данных (фамилия, имя, отчество; сведения о месте работы и занимаемой должности; учёная степень (учёное звание); электронная почта, контактный телефон и другие предоставляемые мной в рамках статьи данные) в открытом доступе на сайте ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» ([www.kamchatgtu.ru](http://www.kamchatgtu.ru)), Научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), в иных базах данных научной информации, электронно-библиотечных системах, научных информационных ресурсах в сети Интернет и доведения до всеобщего сведения, обработки и систематизации в других базах цитирования, а также для включения в аналитические и статистические отчетности без ограничения по сроку.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О. автора)

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ  
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» В 2024 ГОДУ (№ 67–70)**

<b>Альшевский Д.Л., Мавлюдов Р.С., Альшевская М.Н.</b>		
Научное обоснование рецептуры и технологических параметров структурированного наполнителя, приготовленного из недоиспользуемых фракций кальмара.....	69	8–20
<b>Аппазова А.Р., Харченко Н.Н., Шамсудинов Ж.М.</b>		
Водные растения прибрежной зоны Каспийского моря и их практическое применение .....	69	80–95
<b>Артюхин Ю.Б.</b>		
О влиянии берегового лова лососей на популяцию короткоклювого пыжика <i>Brachyramphus brevirostris</i> российского сектора Берингова моря .....	69	39–56
<b>Барабашина С.И., Глухарев А.Ю., Дубровин С.Ю.</b>		
Разработка рецептуры паштета на основе мяса северной креветки для питания пожилых людей.....	68	22–43
<b>Гончаров Б.И., Снегур П.П.</b>		
Пыльцевой анализ камчатских медов из Авачинской низменности .....	70	108–121
<b>Григорьев С.С.</b>		
Размерно-весовой состав и морфологическая характеристика девятииглой колюшки <i>Pungitius pungitius</i> (Gasterosteidae) из озера Приливного (Юго-Восточная Камчатка) зимой 2022–2023 гг. ....	67	43–58
<b>Дюшков Н.П., Науменко Е.Н.</b>		
Структура фитопланктона в атлантической части Антарктики в летний период.....	68	57–74
<b>Ефимов А.А., Мустафаева В.М., Ефимова М.В.</b>		
Применение творожной сыворотки в технологии колбасно-сосисочных изделий с рыбной составляющей как направление рационального использования вторичного пищевого сырья.....	67	21–35
<b>Казаков Н.В., Дульченко Е.В.</b>		
Грядово-бугристый рельеф на плато Уксичан Срединного хребта Камчатки: роль мерзлоты и растительности .....	70	73–86
<b>Клочкова Н.Г., Перервенко О.В.</b>		
Водные экстракты камчатских бурых водорослей как стимуляторы фагоцитарной функции нейтрофилов <i>in vitro</i> .....	70	38–53
<b>Кривоускова Е.В., Бурбах А.С.</b>		
Рост европейской ряпушки ( <i>Coregonus albula</i> , L.) озера Виштынецкого (Калининградская область) в период 2012–2016 гг. ....	69	96–110
<b>Лобков Е.Г.</b>		
Белоплечие орланы ( <i>Haliaeetus pelagicus</i> ) зимой в антропогенных условиях Камчатки и Северных Курильских островов .....	68	44–56
<b>Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В., Лихварь М.В.</b>		
Изучение потенциала личинки <i>Hermetia illucens</i> и ее гидролизатов для использования в качестве источника белка и жира в аквабиотехнологии.....	69	111–125
<b>Мухамбеткалиева Д.С., Абушаева А.Р., Садыгова М.К., Семилет Н.А.</b>		
Влияние структурообразующих рецептурных ингредиентов и подсластителей на качество суфле из яблок.....	69	21–38

<b>Опрышко Б.А., Швецов В.А., Белавина О.А., Ястребов Д.П.</b>	
Измерение уровня воды в наблюдательных скважинах: организация внутреннего контроля систематической погрешности результатов .....	70 8-17
<b>Пакулина А.П., Платонова Т.П., Решетник Е.А., Пашина Л.Л., Грибанова С.Л.</b>	
Оценка биохимических показателей ягод земляники садовой ( <i>Fragaria × ananassa</i> Duchesne) в условиях юга Амурской области .....	68 89-97
<b>Пинигин В.Е., Корнев С.И.</b>	
Опыт и особенности применения метода хронобиологического анализа для оценки состояния некоторых видов животных и растений в Камчатском крае .....	68 98-105
<b>Румянцев А.Е., Ефимова М.В., Ефимов А.А., Чугунков С.Ю., Колесников Д.В.</b>	
Влияние применения диоксида углерода на качество икры лососевой зернистой.....	68 8-21
<b>Севостьянова Е.А., Кухарук Е.Д., Моисеенко В.В., Цупикова Н.А.</b>	
Экологическое состояние водоемов городской черты Калининграда на разных этапах благоустройства .....	68 75-88
<b>Сафонова М.А., Ширинина М.К., Котовщиков А.В., Яныгина Л.В.</b>	
Оценка экологического состояния пойменных озер бассейна Верхней Оби .....	67 59-79
<b>Стариков В.П., Володина О.Ю., Кравченко В.Н., Тарикулиева С.Э., Ялымова Д.М.</b>	
Сообщества мелких млекопитающих северной лесостепи Тоболо-Ишимского междуречья .....	67 80-94
<b>Степанов В.Г., Панина Е.Г.</b>	
Сходство фаун морских звезд (Echinodermata: Asteroisdea) морей России .....	69 57-79
<b>Степанов В.Г., Панина Е.Г.</b>	
Сходство фаун морских ежей (Echinodermata: Echinoidea) морей России .....	70 28-37
<b>Транбенкова Н.А.</b>	
Рост зараженности соболя и горностаия нематодой желудка <i>Soboliphyme baturini</i> – один из результатов акклиматизации американской норки на полуострове Камчатка .....	70 87-107
<b>Тюрин А.Н., Ерашова Ю.Н.</b>	
Внедрение способа проверки аппаратов защиты от параллельного дугового пробоя и искровых промежутков на срабатывание .....	70 18-27
<b>Фролова Н.А.</b>	
Использование консорциума микроорганизмов гранул водного кефира для получения напитка .....	67 36-42
<b>Царенко С.Н., Роменский Д.И., Корж А.С.</b>	
Исследование резонансных явлений крутильных колебаний валопроводов гребных винтов .....	67 8-20
<b>Ширяева Н.С., Судник С.А.</b>	
Особенности биологии <i>Gammarus varsoviensis</i> Jazdzewski, 1975 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) в среднем течении реки Преголи в июле – сентябре 2021 года.....	70 54-72

Учредитель:  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный технический университет»

Издание зарегистрировано в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций по Камчатскому краю  
Регистрационный номер ПИ № ТУ41-00321 от 01 декабря 2020 года

Главный редактор Т.А. Ключкова

Редактор О.В. Ольхина  
Верстка, оригинал-макет Е.Е. Бабух

Адрес редакции, издателя:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35  
Тел. (4152) 300-953. Факс (4152) 42-05-01  
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru  
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 24.12.2024 г.  
Формат 60\*84/8. Печать цифровая. Гарнитура PT Astra Serif  
Авт. л. 8,97. Уч.-изд. л. 10,27. Усл. печ. л. 15,34  
Тираж 500 экз. Заказ № 7075-24

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

Отпечатано по заказу ООО «Опора»  
680012, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Павла Леонтьевича Морозова, д. 87, оф. 212  
в типографии ООО «Амирит»  
410004, РФ, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88, литер У, тел. 88007008633

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >