



Беломорская студенческая научная сессия СПбГУ — 2026

Тезисы докладов

Санкт-Петербург

2026



Программный комитет:

А.И. Гранович, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных СПбГУ

Е.В. Абакумов, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии СПбГУ

Р.П. Костюченко, к.б.н., доцент, заведующий кафедрой эмбриологии СПбГУ

А.А. Сухотин, к.б.н., ведущий научный сотрудник Беломорской биологической станции «Картеш» ЗИН РАН

А.В. Зимин, д.г.н., профессор кафедры океанологии СПбГУ, заведующий лабораторией геофизических пограничных слоев института океанологии им. П.П. Шириова РАН

К.В. Галактионов, д.б.н., профессор, заведующий лабораторией по изучению паразитических червей и протистов ЗИН РАН

Н.В. Максимович, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой ихтиологии и гидробиологии СПбГУ

Е.А. Захарчук, д.г.н., профессор, заведующий кафедрой океанологии СПбГУ

М.В. Макаров, д.б.н., директор ММБИ РАН

Г.М. Воскобойников, д.б.н., заведующий лабораторией альгологии ММБИ РАН

П. Г. Ефимов, д.б.н., старший научный сотрудник Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН

Ю.С. Токарев, д.б.н., профессор РАН, заведующий лабораторией патологии насекомых и биотехнологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений

Редакторы:

Е.В. Абакумов, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии СПбГУ

А.В. Зимин, д.г.н., профессор кафедры океанологии СПбГУ, заведующий лабораторией геофизических пограничных слоев института океанологии им. П.П. Шириова РАН

М.В. Макаров, д.б.н., директор ММБИ РАН

М.А. Бердиева, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории цитологии одноклеточных организмов ИИЦ РАН

И.Е. Борисенко, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник кафедры эмбриологии СПбГУ

Д.Е. Гимельбрант, к.б.н., старший преподаватель кафедры ботаники СПбГУ, научный сотрудник лаборатории лишенологии и бриологии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН

М.В. Иванов, к.б.н., доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ

В.В. Козин, к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник кафедры эмбриологии СПбГУ

А.И. Кокорин, руководитель лаборатории гидробиологии ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова

С.А. Коссова, к. г.-м. н., научный сотрудник лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН

О.Н. Котенко, ассистент кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ

Г.А. Кремнев, к.б.н., научный сотрудник лаборатории по изучению паразитических червей и протистов ЗИН РАН

А.В. Леострин, к.б.н., старший научный сотрудник кафедры ботаники СПбГУ, научный сотрудник отдела Гербария высших растений Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН

А.Д. Лянгузова, к.б.н., младший научный сотрудник кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ, научный сотрудник лаборатории по изучению паразитических червей и протистов ЗИН РАН

Е.Л. Новикова, к.б.н., младший научный сотрудник кафедры эмбриологии СПбГУ

Н.В. Петросян, инженер учебной лаборатории физико-химических методов анализа СПбГУ

Е.В. Платонова, к.б.н., научный сотрудник станции Рыбачий ЗИН РАН

Н.В. Полякова, научный сотрудник лаборатории поведения низших позвоночных ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН

Р.Е. Смагин, к.г.н., старший преподаватель кафедры океанологии СПбГУ

З.И. Струнова, младший научный сотрудник лаборатории эволюционной морфологии ЗИН РАН

В.М. Хайтов, к.б.н., старший научный сотрудник кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ, старший научный сотрудник Кандалакского государственного природного заповедника

А.И. Чава, к.б.н., младший научный сотрудник лаборатории экологии прибрежных донных сообществ института океанологии им. П.П. Шириова РАН

Е.П. Шалунова, старший преподаватель кафедры геоэкологии СПбГУ

К.В. Шунькина, к.б.н., научный сотрудник лаборатории эволюционной морфологии ЗИН РАН

С.Ю. Янсон, к. г.-м. н., зам. директора Ресурсного центра микроскопии и микроанализа СПбГУ

Корректоры:

Н.А. Арбузова, старший лаборант-исследователь лаборатории по изучению паразитических червей и протистов ЗИН РАН

А.Ю. Шалаева, младший научный сотрудник кафедры эмбриологии СПбГУ

Беломорская студенческая научная сессия СПбГУ — 2026. Тезисы докладов. — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2026. — 122 с. ISBN

Сборник составлен из материалов докладов конференции «Беломорская студенческая научная сессия СПбГУ — 2026» (3–5 февраля 2026 года, Санкт-Петербург). Конференция проводится ежегодно и традиционно посвящена исследованиям, связанным с Арктическим регионом. Она служит площадкой, где молодые ученые в дружелюбной атмосфере могут представить и обсудить результаты своих исследований. Программа конференции включает доклады приглашенных ученых, а также устные и постерные доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, сгруппированные в десять секций: (1) биология развития; (2) протистология; (3) ботаника; (4) гидробиология; (5) зоология позвоночных; (6) геология и почвоведение; (7) океанология; (8) паразитология; (9) экология; (10) зоология беспозвоночных.

Конференция проходила при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета, ООО «Вермес», кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ, лаборатории гидробиологии ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей.



Санкт-Петербургское общество естествоиспытателей

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ

Formation of the nervous system and diversity of larval forms in Lophotrochozoa: insights from development of the great pond snail.....	10
<i>Voronezhskaya E., Ivashkin E., Mamaeva M., Aparina M., Bogomolov A., Andronova E., Kuznetsov K.</i>	
Molecular anatomy of development: new technologies where morphology meets genomics	11
<i>Ivashkin E.</i>	
Амебоидно-жгутиковый переход у <i>Rhizochromulina</i> sp. B44: анализ дифференциальной экспрессии генов. 12	
<i>Сафонов П.Ю., Скарлато С.О., Бердиева М.А.</i>	
Долиннеевский хаос в наши дни, или разнообразие одуванчиков севера Европейской России	13
<i>Ефимов П.Г.</i>	
Lampreys (Petromyzontidae): Diversity and Its Formation	14
<i>Kucheryavyy A.</i>	
Веслоногие раки (Copepoda) Восточной Сибири: что мы узнали за последние годы?	15
<i>Новиков А.А., Шарафутдинова Д.Н., Абрамова Е.Н., Майор Т.Ю., Чертопруд Е.С.</i>	

ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Regenerative potential of scyphistoma cell layers in <i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758).....	16
<i>Selezeneva P., Kosevich I.</i>	
Анализ активности сигнального пути MAPK и экспрессии гена <i>sprouty</i> в раннем личиночном развитии нерейдной полихеты <i>Alitta virens</i>	17
<i>Биличенко Е.С., Козин В.В.</i>	
Interaction of FGF and Wnt pathways in posterior regeneration of <i>Alitta virens</i>	18
<i>Shalaeva A., Melanina V., Kozin V.</i>	
Тело помнит всё: экспрессия Нох-генов при регенерации <i>Pygospio elegans</i>	19
<i>Козлова А.М., Старунова З.И., Старунов В.В., Новикова Е.Л.</i>	
Канонический Wnt-сигналинг контролирует морфогенез туловища у полихет с различными типами развития	20
<i>Кайров А.И., Козин В.В.</i>	
Перспективные монстры: аномалии регенерации у <i>Pygospio elegans</i> (Annelida).....	21
<i>Костыгина А.А., Шунькина К.В., Старунова З.И., Новикова Е.Л., Старунов В.В.</i>	
Modifications of segmental patterning in spiralian development.....	22
<i>Matveicheva E., Kulakova M., Aparina M., Ivashkin E., Voronezhskaya E.</i>	
Развитие энтодермальных производных в постэмбриогенезе <i>Gasterosteus aculeatus</i>	23
<i>Надточий Е.В., Смирнова К.А., Кондакова Е.А.</i>	
ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ	24
Сравнительная характеристика популяций пролиферирующих клеток и их вклада в поддержание тканевого гомеостаза у губок	24
<i>Зеленина А.И., Мельников Н.П., Лавров А.И.</i>	
Key aspects of accurate normalization of RT-qPCR data in the phylum Porifera	25
<i>Skorentseva K., Melnikov N., Saidova A., Lavrov A.</i>	

Участие гомеобоксных генов класса ANTP в развитии параподий у аннелиды <i>Platynereis dumerilii</i>	26
<i>Тутаев А.Ф., Кулакова М.А.</i>	
Analysis of the role of MAP-kinase signaling cascade in embryonic organizer activity in the development of <i>Ophelia limacina</i> (Spiralia, Annelida).....	27
<i>Grinberg M., Kozin V.</i>	
Фармакологическая модуляция Wnt-сигналинга в ходе репаративной регенерации <i>Pygospio elegans</i>	28
<i>Слипоморый А.М., Шунькина К.В., Старунова З.И., Новикова Е.Л., Старунов В.В.</i>	
Способности к регенерации двух беломорских аннелид.....	29
<i>Ягунова Я.В., Щеглова О.А., Матвеева Е.П., Никишин Д.А.</i>	
К вопросу об асинхронности развития эмбрионов на примере брюхоногого моллюска <i>Amauropsis islandica</i>	30
<i>Немчинов В.М., Черецкая В.С., Лукьянов К.С., Аристов Д.А.</i>	
Оптимизация HCR (hybridization chain reaction) для немодельных беспозвоночных.....	31
<i>Квач А.Ю., Старунова З.И., Кутюмов В.А., Старунов В.В.</i>	
Тайная жизнь <i>Arenicola marina</i> . Как нам удалось получить личиночную культуру пескожила	32
<i>Бармасова Г.А., Козлова А.М., Старунова З.И., Шунькина К.В., Старунов В.В.</i>	

ПРОТИСТОЛОГИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Систематика и ультраструктурные данные представителей рода <i>Dermatobia</i> (Amoebozoa; Discosea).....	33
<i>Чикадзе Е.Д., Камышацкая О.Г., Мезенцев Е.С.</i>	
Иголка в стоге сена — представитель рода <i>Gephyratobia</i> изолирован из пробы компоста через 50 лет поисков	34
<i>Кулишкин Н.С.</i>	
Эволюция паразитических динофлагеллят рода <i>Haplozoon</i> (Dinoflagellata)	35
<i>Прилуцкий М.Е., Шаповал Г.Н., Шаповал Н.А., Паскерова Г.Г.</i>	
Ультраструктура и развитие микроспории из рака-отшельника	36
<i>Скобкина О.А., Камышацкая О.Г., Миролубов А.А., Шкляр А.А., Фролова Е.В., Миролубова Т.С., Кремнев Г.А., Лянгузова А.Д., Илюткин С.А., Насонова Е.С.</i>	

БОТАНИКА

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Видовое разнообразие напочвенных и эпиксильных лишайников в условиях высотной поясности горы Кивакка (Национальный Парк Паанаярви, Республика Карелия)	37
<i>Филатова М.В., Беляева Т.А., Андросова В.И.</i>	
Эпилитные лишайники тундровых сообществ в условиях высотной поясности горы Нуорунен (Национальный Парк Паанаярви, Республика Карелия)	38
<i>Пятницына М.П., Сониная А.В.</i>	
Сравнительный анализ и аннотация хлоропластных геномов видов <i>Taraxacum</i> (Одуванчик) из Арктического и Субарктического регионов	39
<i>Скрябина А.О., Ефимов П.Г., Домашкина В.В.</i>	
Влияние условий произрастания на хлорофильный индекс <i>Cypripedium calceolus</i> L. в НП «Паанаярви» (Республика Карелия).....	40
<i>Дрогунова Д.И., Стародубцева А.А.</i>	
Функциональные признаки и стратегии растений Хибин	41
<i>Полошевцев Т.В.</i>	

ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Сравнительный анализ биохимического состава бурых и красных нитчатых водорослей Арктического региона (Белое море).....42
Замяткина Е.Б., Яньшин Н.А., Попова А.Д., Тараховская Е.Р.
- Изменение профиля фенольных метаболитов *Vertebrata fucoides* (Ceramiales) и *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales) в зависимости от солености воды.....43
Яньшин Н.А., Замяткина Е.Б., Тараховская Е.Р.
- Анализ растительных сообществ северной лесотундры на основе видового богатства и обилия видов44
Котлярчук Е.А.

ГИДРОБИОЛОГИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- The diatom component of microphytobenthic community of Barents and Kara seas45
Filipova A.
- Морские губки — токсичные соседи: миф или реальность? Влияние *Halichondria panicea* (Porifera: Demospongiae) на формирование сообществ обрастания в Белом море46
Манойлина П.А., Комендантов А.Ю., Шапошникова Т.Г., Халаман В.В.
- Особенности репродуктивной экологии мидий *Mytilus edulis* L. и *M. trossulus* Gould в летний период в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море).....47
Усипбекова Я.Г., Зеленников О.В., Герасимова А.В., Марченко Ю.Т.
- Характеристика сообщества пелагического зоопланктона Ладожского озера по результатам ежегодной экспедиции на судне Посейдон в июле 2025 года.....48
Крутинская А.А., Смирнова К.А., Дудакова Д.С.
- Новые данные по морфологии и питанию арктических гольцов *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758) на о. Большевик (архипелаг Северная Земля)49
Серебрицкая К.И.

ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Биота беломорских лагун50
Цуканова К.Н., Иванов М.В., Полякова Н.В.
- Об организации макробентоса в условиях литорали губы Чупа (по результатам съемки 90-х годов).....51
Бабин М.А., Тимофеева М.А., Стодольская А.Н., Филиппова Н.А.
- Количественная характеристика зоопланктона в нагульном районе гренландского кита (*Balaena mysticetus*) (Ульбанский залив, Охотское море) в летний период 2025 г.....52
Галиева А.Р., Новиков А.А., Славина М.Д., Морозова М.В., Чертопруд Е.С.
- Состояние поселения *Macoma balthica* L. на отмели Северного Нагорного (акватория Мурманска, Кольский залив Баренцева моря) в 2005 и 2025 годах53
Гизитдинова Л.Р., Басова Л.А., Стрелков П.П.
- Сила прикрепления *Littorina obtusata* из разных заливов Белого моря.....54
Холоднов Ф.А., Аристов Д.А.
- Особенности распределения *Peringia ulvae* и *Ecrobia ventrosa* на пологой литорали в вершине Кандалакшского залива Белого моря.....55
Сучилкин М.А., Полоскин А.В.
- Динамика макрозообентоса юго-западной части Чукотского моря с 2004 по 2025 годы56
Нагорная О.А., Никитин И.Н., Коновалова О.П.

ЗООЛОГИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Разнообразие жизненных форм миног (*Lethenteron* и *Lampetra*) от Арктики до Балтики57
Астахова Е.А.
- Проблемы систематики и диагностики близких видов керчаковых рыб группы «*Icelus bicornis*» (Pisces: Cottidae) 58
Зорина А.А...... 58
- Некоторые особенности биологии европейского окуня *Perca fluviatilis* (Percidae, Perciformes) плеса Бабинская Имандра оз. Имандра (Мурманская область) и уточнение методик определения его возраста59
Иванченко Р.О., Зубова Е.М., Кашулин Н.А., Терентьев П.М.
- «Сон в летнюю ночь»: гнездовая активность воробьинообразных птиц в условиях полярного дня60
Никеева Н.В., Барыкина Д.А., Соловьева Д.В.

ГЕОЛОГИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Загрязнение криоконитов и почв перигляциальных зон как индикатор состояния экосистем высокогорных территорий61
Кушинов И.Д., Темботов Р.Х., Нехаев И.О.
- Геохимические особенности гранатов метабазитов Кийострова (юго-восточное Беломорье)63
Беленожкина Д.Е., Скублов С.Г.
- Воздействие климатических изменений на инфраструктуру в зоне многолетнемерзлых пород России64
Кузнецов Е.А.

ОКЕАНОЛОГИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Зимние воды в западной части Чукотского моря в сентябре 2025 года..... 65
Беликов Д.Н., Малых М.К., Дёминова Т.А., Меркулова Т.С., Фрей Д.И., Осадчиев А.А.
- Interaction of the Siberian Coastal Current and Pacific Waters in the Chukchi Sea during ice-free season..... 66
Merkulova T., Belikov D., Malykh M., Deminova T., Frey D., Osadchiev A., Stepanova N.
- Внутренние гравитационные волны на шельфе Берингова и Чукотского морей: моделирование и данные наблюдений 67
Гулий Г.А., Куркина О.Е., Козлов И.Е., Копышов И.О., Зимин А.В., Булавинова В.И.
- Оценка параметров короткопериодных внутренних волн в Чукотском море на основе полнонелинейной модели и натурных измерений69
Дарьенкова С.М., Козлов И.Е., Копышов И.О., Куркина О.Е., Бетке И.А., Гулий Г.А., Булавинова В.И., Меркулова Т.С.
- Сибирское Прибрежное течение в Чукотском и Беринговом морях в сентябре 2025 года71
Малых М.К., Дёминова Т.А., Меркулова Т.С., Беликов Д.Н., Фрей Д.И., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б.
- Analysis of the cyclonic vortex structure on the shelf of the Chukchi Sea using contact and remote measurements 72
Betke I., Kozlov I., Malyshkin T., Guliy G., Kopyshov I., Shutov S., Shcherbachenko S.
- Сравнительный анализ транспортных схем для моделирования дрейфа морского льда в климатической модели INMCM6..... 73
Ежкова А.А., Оноприенко В.А., Благодатских Д.В., Яковлев Н.Г.
- Characteristics of polar mesocyclones in Kara and Barents Sea using numerical modelling data..... 74
Nikitenko-Valiakhmetov M., Koshkina V., Gavrikov A., Ezhova E.

ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Пространственное распределение океанологических характеристик в губе Кереть Белого моря в начале летнего сезона 75
Космакова Е.С., Хохлова Д.А., Смагин Р.Е.
- Некоторые результаты теплобалансовых наблюдений в губе Кереть Белого моря 76
Маховиков А.Д., Печенкин А.А., Перцовская В.К., Котикова П.А., Дуганова В.А., Смагин Р.Е.
- Первичная продукция в проливе Средняя Салма Белого моря (по результатам измерений в августе 2025 г.) 77
Перцовская В.К., Котикова П.А., Дуганова В.А., Смагин Р.Е., Петросян Н.В.
- Воспроизведение гидрофизических характеристик Белого моря с помощью модели морской циркуляции INMOM на суперкомпьютере Ломоносов-2 78
Пономарев В.К., Багатинский В.А., Дианский Н.А.

ПАРАЗИТОЛОГИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Эндосимбиотические турбеллярии: недооцененные плоские черви нашей шарообразной планеты 79
Белолобская К.И., Кремнев Г.А., Крапивин В.А., Савченко А.С., Скобкина О.А., Крупенко Д.Ю.
- Транспозоны и длинные некодирующие РНК в геномах и транскриптомах церкарий трематоды *Himasthla elongata* (Digenea, Himasthlidae) с разной реакцией на свет 80
Смолянинова А.Р., Федоров Д.Д., Соловьева А.И.
- Зараженность личинок речной миноги *Lampetra fluviatilis* (Linnaeus, 1758) дигенеей *Diplostomum retromyziifluviatilis* Müller (Diesing, 1850) в некоторых реках Ленинградской области 81
Бакулина Д.Ю.
- Анализ варибельности молекулярных маркеров в популяции *Polymorphus phippii* (Acanthocephala: Polymorphidae) на севере Палеарктики 82
Унтилова А.А., Дюмина А.В.
- Helminth fauna in White Sea navaga *Eleginus nawaga* in winter 83
Logvinenko A., Gordeev I.
- Паразитофауна щетинкочелюстных Баренцева моря 84
Зуев Н.В., Артемьев Г.М., Захаров Д.В.

ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Воздействие 5-гидрокситриптофана на подвижность и силу хвата ноги моллюсков рода *Littorina* (Gastropoda, Littorinidae) 85
Шапако К.С., Казанская Р.Б., Лопачев А.В., Кочергина Н.А., Репкин Е.А.
- Неочевидный выбор: различают ли церкарии трематод сем. Notocotylidae близкие виды улиток при выборе субстрата для инцистирования на Белом море? 86
Зенков Е.А., Семенова Е.В., Полоскин А.В., Аристов Д.А., Гончар А.Г.
- Хищники церкарий трематод: от лабораторного эксперимента к полевым условиям 87
Федоров Д.Д., Галактионов К.В.
- ДНК-баркодинг *Proisorhynchus squamatus* (Digenea: Vucephalidae): скрытое разнообразие? 88
Балько Д.Г., Артемьева А.А., Гончар А.Г., Яковис Е.Л.

ЭКОЛОГИЯ

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Geoecological conditions of the Ob Bay in summer 2021 89
Nakonechnaia A.

Таксономическая и функциональная структура мегабентоса восточной части Карского моря.....	90
<i>Никитин В.Ю., Удалов А.А., Чикина М.В.</i>	
Происходит ли экспансия тихоокеанской мидии <i>Mytilus trossulus</i> Gould в Белом море?	91
<i>Халитова М.И., Хайтов В.М., Марченко Ю.Т., Стрелков П.П.</i>	
ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Scavenging behaviour of brown bears on the Onega Peninsula.....	92
<i>Pavlosyuk V., Futoran P., Sergienko S., Petrunenko Y.</i>	
Загрязнение береговым мусором о. Северный (арх. Новая Земля)	93
<i>Грант Е.М., Иванова В.А., Погожева М.П., Спирина В.А.</i>	
Подводный световой климат как фактор, влияющий на встречаемость разных пигментов фотосинтетических антенн фототрофных микроорганизмов в меромиктических водоемах Кандалакшского залива Белого моря.....	94
<i>Юрьева А.С., Нагаева А.С., Лабунская Е.А., Бибикина Т.Н., Лобышев В.И., Воронов Д.А., Краснова Е.Д.</i>	
Распределение макробентосных и мейобентосных организмов в зависимости от биотических изменений микрорельефа на литорали	95
<i>Тихонов И.А., Гаврилова Е.О.</i>	
Влияние метаболитов, выделяемых двумя видами фукоидов, <i>Ascophyllum nodosum</i> и <i>Fucus vesiculosus</i> , на образование биссусных нитей у <i>Mytilus trossulus</i> и <i>M. edulis</i>	96
<i>Беляева С.И., Хайтов В.М.</i>	
Факторы оптимизации питания морских звезд <i>Asterias rubens</i> , охотящихся в смешанных поселениях <i>Mytilus edulis</i> и <i>M. trossulus</i> на мелководьях Белого моря.....	97
<i>Беляева О.И., Хайтов В.М.</i>	
Закономерности пополнения поселений <i>Astarte borealis</i> (Schumacher, 1817)	98
<i>Федорова К.С., Хайтов В.М.</i>	
Сезонное распределение личинок <i>Marenzelleria</i> sp. по южному берегу Финского залива	99
<i>Демидова Е.В., Чава А.И., Старунов В.В., Старунова З.И.</i>	
Особенности состава грунта в выбросах <i>Arenicola marina</i>	100
<i>Гаврилова Е.О., Вертебный В.Е., Хомяков Ю.В.</i>	
Интерференция беломорских мидий <i>Mytilus edulis</i> и <i>M. trossulus</i> в смешанных поселениях.....	101
<i>Щужин В.А., Хайтов В.М.</i>	
ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Life without eyes: How do stalked jellyfish respond to light?	102
<i>Domracheva M., Kosevich I.</i>	
Микробиом ставромедузы <i>Haliclystus auricula</i> : таксономическое разнообразие и биохимический потенциал	103
<i>Галушка В.В., Фисенко Е.М., Салова И.А., Хабибулина В.Р.</i>	
Что скрывают малютки: миниатюризация брахиопод.....	104
<i>Селищева А.А., Кузьмина Т.В.</i>	
Особенности организации выводковой камеры <i>Patinella verrucaria</i> (Bryozoa: Cyclostomatida)	105
<i>Вахрушев А.Е., Темерева Е.Н.</i>	
Голопелагические Annelida Северной Пацифики и прилежащих арктических водных масс.....	106
<i>Макарычева А.Ю., Колбасова Г.Д., Абызова Г.А., Мингалев Г.А., Коновалова О.П.</i>	
Криоконитовые тихоходки Земли Франца-Иосифа: первые данные о фауне ледниковых тихоходок России.....	107
<i>Цветкова А.Ю.</i>	

Все страньше и страньше: новые данные об организации <i>Holopedium gibberum</i> (Crustacea: Cladocera: Holopediidae)	108
<i>Кроленко В.И., Темерева Е.Н., Котов А.А.</i>	
Биогеография и филогенетическое положение <i>Ophryoxus gracilis</i> Sars, 1862 (Branchiopoda: Anomopoda: Ophryoxidae).....	109
<i>Дадыкин И.А., Перебоев Д.Д., Гарибян П.Г.</i>	
Происхождение северных популяций широкоареальных видов насекомых в Палеарктике на примере клопов-слепняков из подсемейства Mirinae (Insecta: Heteroptera: Miridae)	110
<i>Ягодская В.А., Намятова А.А., Джелали П.А.</i>	
Особенности организации головных хрящей у кальмара <i>Okutania anonycha</i>	111
<i>Родионов Р.Д., Темерева Е.Н.</i>	
Первое детальное описание постбранхиального тракта асцидии <i>Styela rustica</i> (Linnaeus, 1767).....	112
<i>Кобелецкая М.А., Темерева Е.Н.</i>	
ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
The effect of lighting on <i>Cyanea capillata</i> (Cnidaria: Scyphozoa) planulae's substrate choice	113
<i>Evseeva S., Kosevich I.</i>	
Развитие циклостомной мшанки <i>Crisiella producta</i> на стадии первичного эмбриона	114
<i>Кирюкова Ю.С., Богданов Е.А.</i>	
Ультраструктурный анализ оогенеза у мшанки <i>Amathia</i> sp. (Bryozoa, Stenostomata)	115
<i>Смелкова В.И., Островский А.Н.</i>	
Американцы в России: первое обнаружение тихоокеанского <i>Melanochlamys diomedea</i> (Gastropoda: Aglajidae) в Баренцевом море.....	116
<i>Табачникова К.С., Гришина Д.Ю., Хабибулина В.Р., Старунов В.В., Екимова И.А.</i>	
Челюсти <i>Harmothoe imbricata</i> (Polynoidae, Annelida): тонкая морфология и транскриптомный анализ.....	117
<i>Королева А.С., Ворцелнева Е.В., Неретина Т.В., Цетлин А.Б.</i>	
Мандибулярно-радулярный аппарат <i>Rossia palpebrosa</i> (Cephalopoda, Sepiolida) в Баренцевом море.....	118
<i>Носачева Э.Э., Ямщиков И.В., Сабиров Р.М., Захаров Д.В.</i>	

ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ

Formation of the nervous system and diversity of larval forms in Lophotrochozoa: insights from development of the great pond snail

Voronezhskaya E.^{1*}, Ivashkin E.^{1,2}, Mamaeva M.¹, Aparina M.^{1,2}, Bogomolov A.¹, Andronova E.¹, Kuznetsov K.^{1,3}

¹ Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Laboratory of Comparative and Developmental Physiology, Moscow

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Laboratory of Systematics and Evolution of Parasites, Moscow

³ Lomonosov Moscow State University, Department of Embryology, Moscow

* e-mail: elena.voronezhskaya@idbras.ru

The nervous system of marine and freshwater mollusks displays remarkable evolutionary plasticity, reflecting adaptation to environments ranging from temperate lakes to polar seas. Understanding how these neural architectures arise during a biphasic life cycle and metamorphosis is crucial for elucidating the mechanisms that enable mollusks to persist under highly variable or extreme ecological conditions.

Using *Lymnaea stagnalis* as a model, we investigate the cellular and molecular basis of neurogenesis in Lophotrochozoa. In this species, the initial scaffold of the nervous system is formed by processes extending from posteriorly located peripheral neurons. Subsequently, apical cells arise within the apical organ—a transient sensory–motor structure typical of many larval forms, including those of Arctic marine mollusks. These apical neurons, which synthesize serotonin and catecholamines, regulate ciliary locomotion, embryonic rotation, and the tempo of development, thereby coupling morphogenesis with behavior. Experimental manipulation of maternal serotonin levels induces shifts in the transmitter phenotype of apical neurons, revealing a high degree of neurodevelopmental plasticity at very early stages. Such maternal effects may contribute to adaptive developmental strategies in species inhabiting fluctuating or extreme environments.

Comparative molecular profiling across gastropods (*L. stagnalis*, *Helisoma trivolvis*) and other lophotrochozoans shows that apical neurons share conserved transcriptional signatures — including *Otx*, *Six3/6*, *FoxQ2*, and *Ngn–Elav* cascades — forming a deeply conserved neurogenic module. Hybridization chain reaction (HCR in situ) and single-nucleus transcriptomics reveal the spatial and temporal trajectories of apical neuron differentiation.

As larval development progresses, local networks arise in the foot and peripheral regions, supporting the establishment of motor programs and sensorimotor integration. The sequential formation of peripheral and central neuronal elements parallels the behavioral transition from ciliary-driven rotation to gliding locomotion and ultimately to the postmetamorphic rasping feeding mode.

Our findings integrate gene expression profiling with cellular identity, morphogenetic dynamics, and the emergence of behavior. Each larval stage — trochophore, veliger, and postmetamorphic adult-like form — exhibits its own characteristic combination of these developmental and neurogenic features. Taken together, these results uncover the molecular mechanisms underlying the diversity of nervous system architectures across larval forms and explain how these architectures support precise ecological adaptations, including those required for life in Arctic environments.

Supported by the Russian Science Foundation (grant №22-14-00375-P).

Molecular anatomy of development: new technologies where morphology meets genomics

*Ivashkin E.**

Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Laboratory of Systematics and Evolution of Parasites, Moscow

* e-mail: evgeny.g.ivashkin@sev-in.ru

Modern spatial transcriptomic methods represent a suite of innovative approaches that enable the investigation of gene expression with respect to its precise localization within cells and tissues. These technologies have become indispensable tools in developmental biology, where understanding the spatial and temporal organization of gene regulation is crucial for elucidating the mechanisms of morphogenesis and cellular differentiation.

Classical *in situ* hybridization (ISH) provides the ability to localize specific RNA molecules with high spatial resolution, which is essential for studying the molecular processes underlying tissue and organ formation. Contemporary modifications of this method, such as Hybridization Chain Reaction (HCR) based ISH, substantially enhance the sensitivity and accuracy of RNA detection, enabling not only qualitative visualization but also quantitative assessment of gene expression at single-cell resolution.

Spatially resolved RNA sequencing technologies (such as Slide-seq and other) allow researchers to construct detailed maps of gene activity across tissue sections. These approaches rely on microbeads or spatially barcoded arrays that capture RNA at defined coordinates prior to sequencing, thus integrating transcriptomic profiles with the morphological organization of tissues.

Barcoded oligonucleotide probe-based labeling strategies significantly expand the scale of multiplexed gene expression analysis. This is particularly important for investigating dynamic processes that accompany embryonic development and cell differentiation.

Spatial transcriptomic technologies are rapidly advancing toward subcellular resolution, enabling the examination of gene expression and regulation within individual cells, taking into account cytoplasmic architecture, compartmentalization, and local RNA gradients. The development of spatial multi-omics, integrating transcriptomic, proteomic, and epigenomic data, provides an increasingly comprehensive view of developmental mechanisms by linking molecular events to tissue-level morphogenesis. Newly developed bioinformatic pipelines and algorithms for multislice data analysis now allow reconstruction of three-dimensional architectures of developing tissues and the tracking of their dynamics over time. Furthermore, the standardization of protocols and the introduction of spatiotemporal experimental designs streamline work with large sample sets, while the expanding range of accessible tissue types (including dense and mineralized structures) establish spatial transcriptomics as a universal tool in the molecular anatomy of development.

In summary, spatial transcriptomics is shaping a new discipline – the molecular anatomy of development, in which gene expression data are integrated with anatomical and morphological features of tissues. These approaches open new avenues for understanding the key molecular processes underlying the formation, function, and evolution of living systems.

The work was supported by the Russian Science Foundation (RSF), grant No. 22-14-00375.

Амебоидно-жгутиковый переход у *Rhizochromulina* sp. B44: анализ дифференциальной экспрессии генов

*Сафонов П.Ю.**, *Скарлато С.О.*, *Бердиева М.А.*

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: safonov.incras@gmail.com

Rhizochromulina — род морских одноклеточных гетероконтофитовых водорослей с единственным описанным видом — *R. marina*. Vegetативные клетки *R. marina* амебоидные, с тонкими ветвящимися псевдоподиями. Примечательно, что амебоидные клетки способны переходить в жгутиковую форму: у *R. marina* амебоидно-жгутиковый переход запускается в ответ на замену среды на свежую с дальнейшим инкубированием культуры в темноте на протяжении 1–2 суток (Hibberd and Chretiennot-Dinet, 1979).

Недавно нами был описан новый штамм — *Rhizochromulina* sp. B44, изолированный из образца ила и морской воды из Белого моря (о. Ряжков, Кандалакшский залив). Мы обнаружили, что запуск амебоидно-жгутикового перехода у этой водоросли происходит в ответ на механическое воздействие, а именно на длительное перемешивание культуры. Были получены образцы тотальной РНК амебоидных и жгутиковых клеток *Rhizochromulina* sp. B44, которые затем были использованы для секвенирования с дальнейшим анализом дифференциальной экспрессии генов. Был выявлен 221 дифференциально экспрессируемый ген (ДЭГ), из них уровень экспрессии 193 генов при переходе в жгутиковую форму снизился, в то время как уровень экспрессии 28 генов повысился. Среди ДЭГ со сниженным уровнем экспрессии были гены, кодирующие белки, участвующие в репликации ДНК, гены коровых гистонов, ферментов пути биосинтеза азотистых оснований и нуклеотидов, а также белков, вовлеченных в протекание различных фаз митоза. Среди генов с возросшим уровнем экспрессии были гены ферментов пути биосинтеза хлорофилла, ген большой субъединицы рубиско и гены белков, вовлеченных в адаптацию фотосинтезирующих организмов к избыточной освещенности. Таким образом, жгутиковые клетки *Rhizochromulina* sp. B44 вероятно выполняют функцию расселения и избегания неблагоприятных условий. На этой стадии не происходит деление клетки, при этом эффективность фотосинтеза повышается.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ИИЦ РАН № FMFU-2024-0012.

Amoeba-to-flagellate transition in *Rhizochromulina* sp. B44: differential gene expression analysis

*Safonov P.**, *Skarlato S.*, *Berdieva M.*

Institute of Cytology RAS, Saint Petersburg

* e-mail: safonov.incras@gmail.com

We analyzed transcriptional changes during the amoeba-to-flagellate transition in *Rhizochromulina* sp. B44 induced by mechanical agitation. RNA sequencing revealed 221 differentially expressed genes, with chloroplast-related pathways upregulated, and cell division-related genes downregulated. The flagellate stage likely mediates dispersal, while cell division halts and photosynthetic performance increases.

This work was supported by the Budgetary Program # FMFU-2024-0012 at the Institute of Cytology RAS.

Долиннеевский хаос в наши дни, или разнообразие одуванчиков севера Европейской России

Ефимов П.Г.*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

* e-mail: efimov@binran.ru

Небезосновательно считается, что основное разнообразие сосудистых растений России уже изучено и самое время начать поиск закономерностей на основе накопленных к настоящему времени «больших данных», а также обратить внимание на происходящие с этим разнообразием изменения. Это верно, но не следует забывать и о том, что отдельные роды растений за всю историю изучения флоры России так и не встретили благодарного исследователя, и даже их «альфа-разнообразие» на территории нашей страны может оставаться непознанным.

В докладе будет рассмотрен род одуванчик (*Taraxacum*), пример такой малоизученной группы. Это крупный внетропический род, насчитывающий около 2500 видов в мировой флоре. На севере Европейской России известно около 150 видов и наличие еще такого же числа можно предполагать. Большое число видов и сложная систематика связаны с рядом особенностей эволюции, в первую очередь с разнообразием типов репродукции (перекрестное опыление / самоопыление / апомиксис). Из-за того, что в России никогда не было монографа этого рода, списки видов для «Флор» составлялись формально и зачастую не заслуживают доверия. Степень исследованности рода одуванчик в России несопоставима с уровнем его изученности в других странах, в первую очередь европейских.

Мы начали работу с этой группой около 5 лет назад и пока что ограничиваемся Европейской частью страны и ближайшими окрестностями. Здесь представлены около 10 секций рода, многие из которых можно выстроить в ряд согласно тому, как они сменяют друг друга в долготном направлении. Не все секции являются сложными для систематики, например не представляет проблемы определение видов в тех секциях, где преобладает половое размножение. Самой крупной и сложной является типовая секция, *Taraxacum* — всем известные крупные «сорные» одуванчики.

Работа с одуванчиками невозможна без сбора специализированной гербарной коллекции. Сейчас у нас есть не менее 5000 гербарных образцов из различных регионов, большая часть которых взята в ходе специальных экспедиционных поездок для их сбора. В докладе будут показаны некоторые результаты, полученные на основе работы с этой коллекцией — базовая инвентаризация, углубленное изучение флоры отдельных районов, подбор молекулярных маркеров для «узконаправленного» изучения систематики и эволюции. Среди одуванчиков севера Европейской России есть аборигенные и заносные виды, и даже целые секции. Перспективным направлением исследований является поиск маркеров, позволяющих идентифицировать различные этапы колонизации одуванчиками севера Европейской России.

Исследования выполняются при поддержке госзадания БИН РАН (тема № АААА-А19-119031290052-1).

Pre-Linnaean chaos in our time, or diversity of *Taraxacum* (Asteraceae) in Northern European Russia

Ефимов П.*

Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg

* e-mail: efimov@binran.ru

The lecture will focus on the genus *Taraxacum*, which has very complicated, ongoing evolutionary history and multi-species taxonomy. This genus has never been in the focus of targeted studies in Russia and therefore its diversity in this country, and in Northern European regions in particular, is largely unknown.

Lampreys (Petromyzontidae): Diversity and Its Formation

Kucheryavyy A.

Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS

e-mail: scolopendra@bk.ru

Lampreys represent one of the most ancient and morphologically conservative lineages of vertebrates, belonging to the jawless fish (Agnatha). Their unique life cycle, characterized by a prolonged larval stage, metamorphosis, and a parasitic or non-parasitic adult phase, along with their anti-tropical distribution in temperate zones of both hemispheres, makes them a crucial model group for understanding chordate evolution and vertebrate origins.

Taxonomically, the order Petromyzontiformes comprises approximately 40–45 extant species, classified into three families: Petromyzontidae (Northern Hemisphere), Geotriidae and Mordaciidae (Southern Hemisphere). The diversity within Petromyzontidae, distributed across ten genera, is the result of complex evolutionary processes operating over vastly different timescales. The mechanisms driving this diversification can be categorized into three major groups.

Deep evolutionary speciation (5–23 MYA), primarily during the Miocene, led to the radiation and establishment of major genera such as *Lethenteron*, *Lampetra*, *Entosphenus*, and *Eudontomyzon*. This phase was likely driven by global cooling, the expansion of temperate habitats, and paleogeographic events like the closure of the Tethys Sea, which created new ecological opportunities and barriers. More recent natural speciation (1.5–8 MYA) occurred through geographic isolation in freshwater refugia. This includes, e.g. island isolation in the Pacific basin, leading to endemic species of *Lethenteron*, and vicariance events in continental river systems, exemplified by the diversification of the strictly freshwater, non-parasitic genus *Eudontomyzon* in Europe due to Pleistocene glaciations and river captures.

Most contemporary, is diversification driven by anthropogenic activities and biological invasions occurring within a scale of 0 to 300 years. Human-mediated changes, such as canal construction, dam building, and accidental introductions, have facilitated the rapid extension and expansion of invasive species like the sea lamprey (*Petromyzon marinus*) and have created novel environments (e.g., reservoirs) leading to the emergence of new ecological forms within decades.

Furthermore, the group exhibits significant intraspecific diversity, maintained through polymorphism in life history strategies (e.g., resident vs. anadromous forms), which provides resilience and adaptive potential.

In conclusion, the modern diversity of lampreys is a palimpsest of deep historical processes, natural events, and accelerating anthropogenic influence. Understanding these multifaceted mechanisms is essential not only for clarifying their evolutionary history but also for developing effective conservation strategies for these ancient and ecologically sensitive vertebrates in the face of ongoing global change. Their study remains a powerful tool for exploring the interplay between historical biogeography, evolution, and human impact on biodiversity.

With financial support of RSF 24-14-00111.

Веслоногие раки (Copepoda) Восточной Сибири: что мы узнали за последние годы?

Новиков А.А.¹, Шарафутдинова Д.Н.¹, Абрамова Е.Н.², Майор Т.Ю.³, Чертопруд Е.С.⁴

¹ Казанский федеральный университет, кафедра зоологии и общей биологии, Казань

² Усть-Ленский государственный природный заповедник, пос. Тикси

³ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

⁴ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

* e-mail: aleksandr-novikov-2011@list.ru

Под Восточной Сибирью мы имеем в виду район от Енисея до водораздела между Северным Ледовитым и Тихим океанами. Фауна веслоногих раков Восточной Сибири долгое время не изучалась таксономистами и считалась бедной (Боруцкий, 1952; Рылов, 1948).

Однако, с 2019 года мы начали активное изучение фауны и таксономии пресноводных копепод Восточной Сибири в нескольких районах: плато Путорана, Анабарское плато, средняя и северная Якутия, в том числе дельта реки Лены, бассейн Колымы. Как оказалось, фауна богата как по видовому составу, так и по числу еще не описанных видов. Всего обнаружено более 150 видов копепод, из которых не менее 30 ранее не были описаны. На данный момент нами описано семь новых видов из отрядов Cyclopoida и Harpacticoida. Немалая часть обнаруженных видов изначально была известна только из Северной Америки. Это связано с тем, что Восточная Сибирь не была покрыта ледовым щитом в плейстоцене и вместе с Аляской формировала Берингию. Поэтому эта часть Сибири крайне важна для понимания биогеографии пресноводной фауны.

Выражаем благодарность сотрудникам Усть-Ленского природного заповедника и Объединенной дирекции заповедников Таймыра за помощь в организации полевых работ. Секвенирование выполнено в Приборном центре коллективного пользования физико-химического ультрамикрoанализа ЛИИ СО РАН (ЦКП «Ультрамикрoанализ»).

Copepods of Eastern Siberia: What have we learned in recent years?

Novikov A.¹, Sharafutdinova D.¹, Abramova E.², Mayor T.³, Chertoprud E.⁴

¹ Kazan Federal University, Department of zoology, Kazan

² Lena Delta Nature Reserve, Tiksi

³ Limnological Institute, Siberian Branch of the RAS, Irkutsk

⁴ Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

* e-mail: aleksandr-novikov-2011@list.ru

Recent studies (2019–present) on copepods in Eastern Siberia reveal unexpectedly high diversity, with over 150 species documented—including 30 new to science. Seven novel species of Cyclopoida and Harpacticoida have been formally described, highlighting the region’s biogeographic significance as a Pleistocene Beringian refugium.

ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Regenerative potential of scyphistoma cell layers in *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758)

*Selezeneva P. *, Kosevich I.*

Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

* e-mail: polinaselezeneva@mail.ru

Scyphozoa (Cnidaria) have a complex life cycle, which in most species includes a sessile polyp stage called a scyphistoma. *Aurelia aurita* scyphistomae have high regenerative potential, but the cellular mechanisms underlying the whole-body regeneration (WBR) from small body fragments remain poorly studied. Of particular interest is the question of the contribution of different cell layers to this process. The aim of this study is to conduct a comparative analysis of the regenerative potential of the epidermis and gastrodermis in *A. aurita* scyphistomae and to evaluate the dynamics of cell proliferation in this process.

A clonal culture of *A. aurita* scyphistomae was used in this study. The tissue layers — epidermis and gastrodermis — were separated mechanically, followed by cultivation of the isolated fragments in filtered artificial seawater at a temperature of 16–18 °C. Regeneration was observed for 10–15 days using a stereomicroscope. To study the anatomy and ultrastructure of regenerants, semi-thin and ultrathin sections were prepared. To assess cell dynamics at different time points, EdU (5-ethynyl-2'-deoxyuridine) labeling was used, followed by detection using a “click” reaction and confocal microscopy.

Based on the results of this work, the following conclusions were drawn:

1. It has been shown that only fragments containing the epidermal layer of cells are capable of polyp WBR. The epidermis is an indispensable and sufficient source of cells for the reorganization of the axial structure and the formation of a new organism.
2. The gastrodermal layer of cells does not exhibit regenerative potential. In the absence of the epidermis, the gastrodermis collapses, forming a compact ball, but does not give rise to new structures. Gradually, the gastrodermal fragment degenerates.
3. The complete cycle of regeneration of the epidermal fragment, ending with the formation of a scyphistoma with tentacles and a mouth opening, takes 10–15 days.
4. Preliminary data indicates the presence of a wave of cell proliferation in regenerating epidermal tissues.
5. Amoeboid cells found in mesoglea probably do not play an essential role in the WBR.

The results obtained demonstrate the key role of the epidermal layer as the organizing center of regeneration in *A. aurita* scyphistomae. The gastrodermis apparently plays a supporting role and is not capable of independent regeneration. The data obtained provide a basis for further research of the molecular mechanisms regulating the process of WBR from the epidermis.

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University № 1025031900094-4-1.6.12-1.6.12.

Анализ активности сигнального пути MAPK и экспрессии гена *sprouty* в раннем личиночном развитии нереидной полихеты *Alitta virens*

Биличенко Е.С. , Козин В.В.*

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

* e-mail: st128980@student.spbu.ru

Эволюционно консервативный сигнальный путь MAPK/ERK регулирует ключевые процессы онтогенеза, включая осевое паттернирование, нейральную индукцию, миграцию клеток. Его активность контролируется сложной многоуровневой системой, важным компонентом которой является белок-антагонист Sprouty. Для позвоночных и некоторых беспозвоночных описана колокализация и регуляторная связь активности FGF/MAPK-сигналинга и экспрессии *sprouty*, однако для выявления общих эволюционных закономерностей функционирования MAPK в процессах развития критически важными являются аналогичные данные для представителей Spiralia.

Целью данной работы является исследование паттернов активности сигнального пути MAPK и экспрессии гена *sprouty* в развитии полихеты *A. virens* на стадиях от протрохофоры до поздней трохофоры.

С помощью метода WMISH мы исследовали экспрессию гена *sprouty*, а также выявили активную форму ERK на идентичных стадиях с применением иммуноцитохимического анализа.

Экспрессия *sprouty* была обнаружена только в эктодермальных клетках. В гипосфере у протрохофор билатерально-симметричные домены экспрессии в виде коротких полос были сосредоточены по бокам от области закрывшегося бластопора. На более поздних стадиях появлялись множественные разрозненные домены экспрессии в каудо-латеральных областях эктодермы гипосферы, имеющие признаки метамерной организации. С момента появления стомодеума по бокам и кзади от него экспрессия наблюдалась в нейроэктодерме трохофор. При этом в области срединной линии тела *sprouty* не экспрессировался. У поздних трохофор экспрессия исчезала на латеральных сторонах гипосферы. Также мы наблюдали экспрессию в эктодерме эписферы, от ранней до поздней трохофоры.

Активность MAPK главным образом наблюдалась в клетках эктодермы, демонстрируя сходство с паттерном экспрессии *sprouty*. По предварительным данным, экспрессия *fgfr2* и *fgf8* имеет сходные паттерны с экспрессией гена *sprouty* и активностью MAPK, а экспрессия *fgfA* сосредоточена в областях отсутствия экспрессии *sprouty* в нейроэктодерме.

Представленные данные указывают на возможное совместное действие и взаимную регуляцию между сигнальным каскадом MAPK и компонентами FGF пути, включая *sprouty*, у *A. virens*, и позволяют предположить их участие в процессах сегментации и в медио-латеральном паттернировании нейроэктодермы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-74-10046 на базе МБС СПбГУ, РЦ РМукТ СПбГУ и РЦ ММ СПбГУ.

Analysis of MAPK signaling activity and *sprouty* gene expression during early larval development in the nereid polychaete *Alitta virens*

Bilichenko E. , Kozin V.*

Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: st128980@student.spbu.ru

The evolutionarily conserved MAPK/ERK pathway is a key developmental regulator. Its relationship with the Sprouty antagonist is well-documented in vertebrates but not in Spiralia. We investigated MAPK activity and *sprouty* expression in the polychaete *Alitta virens*, revealing their coordinated dynamics and suggesting a role in segmentation and mediolateral neuroectoderm patterning.

Interaction of FGF and Wnt pathways in posterior regeneration of *Alitta virens*

Shalaeva A. *, Melanina V., Kozin V.

Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: shalaeva.sasha@gmail.com

The restoration of axial identities is crucial for successful regeneration. In bilaterians, three axes are restored following amputation: anteroposterior, dorsoventral and mediolateral. Each of them has specific regulator(s) among signaling pathways that control axial properties; however, their precise interactions remain one of the main questions of regenerative biology. A key player of the anteroposterior axis polarization is Wnt signaling. High Wnt activity leads to the formation of the posterior end of the body. Another player of restorative processes is the Fibroblast growth factor (FGF) pathway. In vertebrates, FGFs are also expressed in the posterior end and they provide posterior identity as well as drive segmentation process. Amputation induces an early activation of this pathway in both vertebrates and invertebrates, which can be an indicator of its involvement in the axial restoration. In our study we explored possible interaction of the Wnt and FGF in the posterior regeneration of *Alitta virens*. We used pharmacological modulators of these pathways: SU5402 for FGF inhibition, iCRT for Wnt inhibition, and 1-azakenpaullone for Wnt hyperactivation. We performed whole mount in situ hybridization for several candidate target genes to identify possible interaction between these pathways.

Expression of FGF pathway ligands (*Avi-fgf8/17/18* and *Avi-fgfA*) and antagonists (*Avi-spry*, *Avi-spred*, *Avi-dusp*) was detected at 4 hours post-amputation (hpa) onwards in the wound epithelium, nerve cord, longitudinal muscles, and later in the blastema. Modulation of Wnt signaling from 0 to 1 day post-amputation (dpa), when axes are being restored, did not significantly alter the early expression of *Avi-spry* and *Avi-spred*. However, *Avi-fgfA* expression shifted to mesodermal cells around the gut upon Wnt inhibition, suggesting a regulatory interaction. Modulation of Wnt signaling affected expression domains of *Avi-cdx* which is a conserved target gene of this pathway. Inhibition of Wnt led to the decreased *Avi-cdx* expression in the posterior end of the gut, while hyperactivation extended the intestinal expression domain anteriorly. Prolonged Wnt modulation limited regeneration to the pygidium restoration, blocking further morphogenesis.

Taken together, our results demonstrate that Wnt signaling is crucial for establishing posterior identity and segment addition during regeneration in *A. virens*. The early expression patterns of FGF components are largely independent of early Wnt modulation, indicating that the potential crosstalk between these pathways likely occurs later, influencing the specification and differentiation of tissues.

This work was funded by the Russian Science Foundation grant № 23-74-10046.

Тело помнит всё: экспрессия Нох-генов при регенерации *Pygospio elegans*

Козлова А.М.^{1*}, Старунова З.И.³, Старунов В.В.^{1,3}, Новикова Е.Л.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

* e-mail: antonina.koz.m@gmail.com

Нох-гены — эволюционно консервативная группа генов, участвующая в спецификации передне-задней оси тела в эмбриональном развитии Bilateria. У аннелид эта функция проявляется при построении личинок, в теле которых Нох-гены экспрессируются в соответствии с правилами пространственной коллинеарности. В постларвальный период Нох-гены аннелид сохраняют транскрипционную активность и способны изменять паттерн экспрессии в ответ на повреждение. Так, на гомономно сегментированной nereide *Allita virens* продемонстрировано, что на разных этапах задней регенерации градиенты Нох-экспрессии перестраиваются в соответствии с новыми пропорциями (Novikova et al., 2013). На гетерономно сегментированной *Capitella teleta* перестройки при регенерации показаны только для трех генов, в норме экспрессирующихся в постларвальном теле (de Jong and Seaver, 2016). Обе аннелиды умеют восстанавливать только заднюю часть тела. Цель нашей работы — проанализировать динамику экспрессии Нох генов при регенерации переднего отдела тела, а также прояснить общие закономерности их поведения при репаративной регенерации аннелид.

Объект нашего исследования *Pygospio elegans* — гетерономно сегментированная аннелида, быстро регенерирующая как задний, так и передний концы тела. При этом, при передней регенерации червь одновременно восстанавливает голову и 12, по-видимому, ларвальных по происхождению грудных сегментов.

Нами были клонированы гены *Pele-Hox1*, *Pele-Hox4*, *Pele-Hox5*, *Pele-Lox5*, *Pele-Hox7*, *Pele-Lox4*, *Pele-Lox2*, *Pele-Post2*. Часть паттернов мы визуализировали методом *in situ* гибридизации на интактных червях и на регенерирующих особях. Для генов *Pele-Hox4*, *Pele-Hox7*, *Pele-Lox4*, *Pele-Lox2* мы показали, что в норме они экспрессируются как в грудном отделе, так и в брюшных, постларвальных сегментах. Экспрессия гена *Pele-Hox1* выявляется только в грудных сегментах. При этом в ходе передней регенерации гены *Pele-Hox1*, *Pele-Hox7*, *Pele-Lox4*, *Pele-Lox2* активируются коллинеарно передне-задней оси тела, что может являться отражением ларвального паттерна в грудных сегментах. В ходе задней регенерации мы визуализировали активацию генов *Pele-Hox7*, *Pele-Lox4*, *Pele-Lox2*.

Ранее было показано, что *Pele-Post2* не участвует в передней регенерации *P. elegans*, но его экспрессия возникает уже на ранних этапах заднего восстановительного процесса, маркируя новый конец тела (неопубликованные данные). В ювенильных червях *Pele-Post2* экспрессируется в виде задне-переднего градиента и не заходит в грудные отделы.

Мы предполагаем, что в ходе регенерации грудных, ларвальных по происхождению, сегментов, *Hox* гены повторяют свой ларвальный паттерн. При регенерации заднего конца тела гены активируются иначе и, предположительно, часть из них участвует в перестройке позиционной информации в связи с изменившимися пропорциями тела.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Таксон» ЗИН РАН в рамках темы госзадания № 125012800894-6.

The body keeps the score: Hox gene expression during regeneration of the annelid *Pygospio elegans*

Kozlova A.^{1*}, Starunova Z.³, Starunov V.^{1,3} Novikova E.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

* e-mail: antonina.koz.m@gmail.com

We investigate Hox-gene expression during regeneration in *Pygospio elegans*, an annelid with heteronomous segmentation, capable of rapidly restoring both body ends. Cloned Hox genes are activated in a segment-specific manner: anterior regeneration re-establishes a larval-like, spatially collinear pattern, whereas posterior regeneration induces distinct *Hox* responses, suggesting roles in positional information resetting.

Канонический Wnt-сигналинг контролирует морфогенез туловища у полихет с различными типами развития

Кайров А.И.^{1,2*}, Козин В.В.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

² Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва

* e-mail: kayrov.tw@yandex.ru

Канонический Wnt сигнальный каскад является одним из ключевых регуляторов раннего развития многоклеточных животных. В ходе дробления за счет активности cWnt происходит паттернирование анимально-вегетативной оси и, как следствие, разметка зародышевых листков. В более позднем развитии Wnt участвует в разметке передне-задней оси тела, задавая клеткам «заднюю» идентичность. Кроме того, Wnt сигналинг опосредовано регулирует разметку дорсо-вентральной оси как у позвоночных, так и у беспозвоночных животных.

Для более точной интерпретации эволюции планов строения тела животных необходимо изучать механизмы развития (в частности Wnt сигналинг) на широком круге объектов. Одной из недостаточно изученных групп животных являются аннелиды. При этом аннелиды демонстрируют большое разнообразие характеров развития: отличаются типы дробления, типы гастрюляции и другие признаки.

Цель данной работы заключается в изучении роли Wnt сигналинга в ходе гастрюляции у аннелид с отличающимися типами развития. Для данной работы было выбрано 2 вида беломорских полихет: *Alitta virens* (гастрюляция путем эпиболии, гипосфера больше эписферы) и *Ophelia limacina* (гастрюляция путем инвагинации, гипосфера личинки зачаточная, меньше эписферы). Манипуляции с уровнем активности Wnt сигналинга проводились с использованием фармакологических модуляторов (как положительных, так и отрицательных).

Модуляция Wnt в период гастрюляции и начала личиночного развития у *O. limacina* приводит к изменению морфологии туловища личинки: при подавлении происходит небольшое вытяжение гипосферы, тогда как при гиперактивации значительно редуцируется ее вентральная поверхность. При этом дорсокаудально образуется скопление клеток, отсутствующее у нормальных личинок. Разделение на эписферу и гипосферу сохраняется. У *A. virens* гиперактивация приводит к нарушению клеточных миграций с дорсальной стороны зародыша на вентральную, в результате чего нарушается морфогенез гипосферы и не формируются аксиальные структуры тела (вентральная нервная цепочка, осевая мускулатура и др). Как следствие, происходит потеря сегментации, что дополнительно подтверждается экспрессией различных молекулярных маркеров (*engrailed*, *twist*). Подавление Wnt, как и у *O. limacina*, приводит к менее серьезным нарушениям.

При сравнении ответа на модуляцию заметно, что, несмотря на отличающиеся типы развития двух видов полихет, нарушается формирование вентральной стороны гипосферы. Таким образом, помимо ранее показанной роли в паттернировании передне-задней оси, Wnt сигналинг у аннелид проявляет поляризованную активность вдоль дорсо-вентральной оси. Вероятно, это связано с регуляцией роста дорсальных территорий, которая обеспечивает асимметричное смещение бластопора. Такой характер активности Wnt сходен с результатами, полученными на брахиоподах и может объяснить регуляцию морфогенеза туловища у первичноротых животных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-74-10046 на базе МБС СПбГУ, ББС МГУ, РЦ РМукТ СПбГУ и РЦ ММ СПбГУ.

cWnt controls trunk formation during gastrulation of annelids with different modes of development

Kairov A.^{1,2*}, Kozin V.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

² Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Moscow

* e-mail: kayrov.tw@yandex.ru

Canonical Wnt signaling is one of the major regulators of metazoan development controlling axis specification. We assess cWnt function during gastrulation of two annelids with distinct developmental modes: *Alitta virens* and *Ophelia limacina*. Our results revealed a similar role of Wnt in hyposphere formation and blastopore closure in both species.

Перспективные монстры: аномалии регенерации у *Pygospio elegans* (Annelida)

Костыгина А.А.¹, Шунькина К.В.², Старунова З.И.², Новикова Е.Л.³, Старунов В.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, Лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

* e-mail: anakostyg@yandex.ru

Способность к репаративной регенерации — одно из фундаментальных свойств многоклеточных организмов. Аннелиды, обладая высокой способностью к восстановлению, являются важными объектами для изучения регенерации (Bely, 2006). *Pygospio elegans* способен регенерировать как передний, так и задний конец тела даже из очень коротких фрагментов (Маликова, Плющ, 1980). Одним из защитных механизмов, ограничивающих развитие ошибок регенерации у *P. elegans*, является фрагментация. Однако в редких случаях и в природе, и в лабораторной культуре встречаются результаты аномальной регенерации — своеобразные «перспективные монстры», например, двухголовые особи или черви с сегментированными боковыми выростами. Эти формы представляют ценность как модели для анализа отклонений в регенерации. Целью нашей работы был анализ регенерационных потенций *P. elegans*, приводящих к формированию как нормальных, так и необычных морфотипов.

Мы провели три серии экспериментов. Во-первых, эксперимент по оценке минимального фрагмента тела, способного к нормальной регенерации. Во второй серии экспериментов у червей удаляли по 3–4 параподии из разных отделов тела с одновременным повреждением кишки. В третьем типе экспериментов мы оценивали возможности нормальной регенерации при разрезании червя в районе глотки. Разрезы выполняли по границе 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 сегментов и сразу за простомуиумом. На 7-й день оценивали выживаемость, фрагментацию и аномалии.

Удалось показать, что минимальным фрагментом *P. elegans*, способным к нормальной регенерации, является один сегмент, при этом наилучшей выживаемостью обладают сегменты, вырезанные из середины грудного или туловищного отделов тела. В экспериментах с повреждением параподий большинство червей нормально регенерировали, но в 20 % случаев формировались латеральные выросты с функциональной головой (если параподии были отрезаны у сегментов из середины грудного отдела). При разрезании червя в области глотки фрагменты оставались жизнеспособными, но отдельная голова или голова с одним-двумя сегментами не показали способности восстанавливать задний конец тела.

Таким образом, *P. elegans* обладает высокими регенеративными возможностями, включая способность восстанавливать тело из минимальных фрагментов (1 сегмент) и формировать устойчивые варианты аномальной регенерации. Такие «перспективные монстры» — двухголовые особи и структуры с дополнительными сегментированными выростами — расширяют представления о вариативности регенерационных процессов и подчеркивают ценность *P. elegans* как модели для дальнейшего изучения механизмов регенерации и их нарушений.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Таксон» ЗИН РАН в рамках тем госзадания 125012800894-6.

Hopeful monsters: regeneration anomalies in *Pygospio elegans* (Annelida)

Kostygina A.¹, Shunkina K.², Starunova Z.², Novikova E.³, Starunov V.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: anakostyg@yandex.ru

Pygospio elegans demonstrates remarkable regenerative abilities, including full regeneration from a single segment. However, rare cases of abnormal regeneration — such as two-headed worms and lateral outgrowths — occur in both natural and laboratory settings. These “hopeful monsters” offer valuable insights and make *P. elegans* a useful model for studying plasticity and abnormalities of regeneration.

Modifications of segmental patterning in spiralian development

Matveicheva E.^{1*}, Kulakova M.², Aparina M.¹, Ivashkin E.¹, Voronezskaya E.³

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Laboratory of Systematics and Evolution of Parasites, Moscow

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

³ Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Laboratory of Comparative and Developmental Physiology, Moscow

* e-mail: matveich_eva@hotmail.com

Formation of a segmented body plan is considered a common and ancestral feature of *Annelida* and is debated as a trait of the last common ancestor of Spiralia. However, simplified or partially lost segmentation occurs in many annelid groups, and several non-segmented Spiralian taxa show animals with metameric traits. This makes studies of segmental patterning mechanisms in such animals especially valuable for EvoDevo reconstructions. In *Annelida*, segmentation is closely linked to the posterior growth zone (PGZ), a region of highly proliferative cells that adds new segments. Evolutionary trends toward miniaturization or body plan simplification may lead to the loss or reorganization of the PGZ. Canonical and conserved regulators of segmentation include major developmental signaling pathways such as *Hedgehog* (*Hh*) and *Wnt*. Here, we examine the expression of key components of the *Hh* and *Wnt* pathways in two model species. The annelid *Dimorphilus gyrociliatus* shows pedomorphic features and a partial loss of segmentation. Its regenerative abilities are absent, although this remains insufficiently studied. Gastropods such as *Lymnaea stagnalis* lack described segmental organization, defined growth zones, and regenerative capacity.

In *D. gyrociliatus*, neither of the two *hedgehog* paralogs (*DgHh1*, *DgHh2*) shows a segmental expression pattern at all stages of development, in contrast to many other annelids. Nonetheless, the *Hh* pathway effector *DgGliA* displays a repeated lateral expression pattern on a late trochophore stage. This pattern correlates with the organization of several structures within the body segments. For example, elements of the muscular system do not match segment boundaries, while the central nervous system shows a partial loss of segmental organization medially. Even so, it retains metameric features in peripheral regions of the nervous system and in the protonephridia.

In *L. stagnalis*, we found no metameric expression of core *Hh* pathway components (*LsHh*, *LsPtch*, *LsSmo*) at all stages of development. Interestingly, early neurogenic zones in the foot show repeated spatial organization on a late trochophore stage. Moreover, *LsWnt4* exhibits reiterated expression within these neurogenic regions on the same stage of development, which suggests that metameric regulatory cues may persist during neural development.

Our data reveals modifications in the deployment of conserved segmentation pathways in spiralian development. In a simplified annelid, we observe dissociation between the expression of upstream *Hh* ligands and their effector, alongside a mosaic of segmental features in different organ systems. In a non-segmented mollusk, we find no evidence of metameric *Hh* signaling but identify a reiterated *Wnt* expression pattern associated with modular neurogenic zones. These findings suggest that elements of segmental or modular patterning may be retained or redeployed in specific developmental contexts even when overt segmentation is lost. This work provides a basis for further investigation into the evolutionary dissociation of signaling pathways and its morphological outcomes in Spiralia.

This study was supported by the RSF № 22-14-00375. The research was done using the equipment of the Core Centrum of the IDB RAS.

Развитие энтодермальных производных в постэмбриогенезе *Gasterosteus aculeatus*

Надточий Е.В.^{1*}, Смирнова К.А.¹, Кондакова Е.А.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ») им. Л. С. Берга, Санкт-Петербург

* e-mail: katya_nadtochii@mail.ru

Трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*) является популярным модельным объектом для различных биологических исследований. Несмотря на большое количество работ, посвященных биологии беломорской колюшки (Lajus et al., 2021), подробные исследования индивидуального развития зародышей и личинок этого вида практически не проводились. Целью работы было охарактеризовать развитие энтодермальных производных *G. aculeatus*: эпителия кишки, пищеварительных желез, плавательного пузыря и щитовидной железы (ЩЖ) в постэмбриогенезе *G. aculeatus*.

Зародыши были получены в результате искусственного оплодотворения на учебно-научной базе «Беломорская» в 2024 году. Икра развивалась при температуре 19 °С. Для анестезии личинок использовали лидокаин. Материал фиксировали жидкостью Буэна. Серийные парафиновые срезы толщиной 6 мкм были окрашены гематоксилином Карazzi и эозином.

К моменту вылупления (0 дней после вылупления, дпв) рот открыт. Для *G. aculeatus* характерно раннее появление желудочных желез: ко дню вылупления они уже образовались. По этому признаку *G. aculeatus* можно отнести к рыбам, которые вылупляются на продвинутой стадии развития (precocial) (Rønnestad et al., 2013). В передней и задней кишке видны складки. Кишечник открывается в короткую клоаку. К 0 дпв в печени имеются заполненные кровью сосуды. Печень выглядит «ажурной», поскольку ее клетки имеют липидные вакуоли, вследствие активного усвоения содержащихся в яйце жиров. Эпителий желчного пузыря чешуйчатый. В поджелудочной железе различимы эндокринная и экзокринная части.

Самые значимые изменения происходят на 2–3 дпв. Слизистые клетки в ротовой полости, пищеводе и кишке появляются на 2 дпв. Вкусовые почки с открытыми рецепторными поверхностями впервые встречаются на 2 дпв. На 3 дпв начинают прорезаться глоточные и челюстные зубы. Содержимое кишки на 3 дпв указывает на начало активного питания. В клетках экзокринной части поджелудочной железы появляются гранулы зимогена. В ходе развития складки образуются по всей длине кишки; формируется кишечный клапан. Анус и отверстие выделительной системы отделяются друг от друга. Плавательный пузырь наполняется газом на 4 дпв.

К 0 дпв присутствуют наполненные коллоидом фолликулы ЩЖ. Они диффузно располагаются в жаберной области вокруг сосудов. Это самый распространенный тип организации ЩЖ у костистых рыб (Тип 2). Однако, у двух личинок единичные фолликулы находились на стенке *bulbus arteriosus* — это может быть эктопией или вариантом нормальной организации ЩЖ (Тип 3, Chanet, Meunier, 2014).

Таким образом, для *G. aculeatus* характерно раннее появление желудочных желез и функциональных фолликулов ЩЖ.

Авторы благодарят РЦ СПбГУ РМиКТ и Хромас.

Postembryonic development of endodermal organs in *Gasterosteus aculeatus*

Nadtochii E.^{1*}, Smirnova K.¹, Kondakova E.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

² Saint Petersburg Branch of the FSBSI “VNIRO” (“GosNIORKH” named after L.S. Berg), Saint Petersburg

* e-mail: katya_nadtochii@mail.ru

We studied the development of the digestive system and thyroid gland in larvae of *Gasterosteus aculeatus* histologically. We observed the gastric glands and colloid-filled thyroid follicles at hatching. The diffuse thyroid gland locates in the branchial region; however, the follicles can be also found on the wall of *bulbus arteriosus*.

Сравнительная характеристика популяций пролиферирующих клеток и их вклада в поддержание тканевого гомеостаза у губок

Зеленина А.И.^{1*}, Мельников Н.П.¹, Лавров А.И.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра клеточной биологии и гистологии, Москва

² Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова

* e-mail: alex.neon.green@yandex.ru

Соматические стволовые клетки (ССК) являются ключевым элементом поддержания роста и функциональности тканей многоклеточных животных, формируя основу их долговременного гомеостаза. Современные представления о системах ССК основаны преимущественно на исследованиях позвоночных животных. В то же время данные по другим группам животных свидетельствуют о более широком разнообразии типов организации ССК, не укладывающемся в модели, разработанные на позвоночных. На этом фоне губки, представляя особый интерес как эволюционно ранняя линия многоклеточных животных. Тем не менее, при большом таксономическом и морфологическом разнообразии губок организация систем их ССК и, в частности, пролиферация их клеток остаются фрагментарно охарактеризованными.

Целью данной работы является качественная и количественная характеристика популяции пролиферирующих клеток в тканях губок, относящихся к разным классам и отличающихся по типу организации тела.

Материал, состоящий из губок четырех видов — *Halichondria panicea* (Pallas, 1776), *Leucosolenia creepae* (Lavrov, Ekimova, Schepetov, Koiniva & Ereskovsky 2023), *Clathrina arnesenae* (Rapp, 2006), *Sycon karajakense* (Breitfuss, 1897), был собран в сублиторальной зоне Кандалакшского залива в районе ББС МГУ им. М.В. Ломоносова. Строение тканей и разнообразие типов клеток для каждого вида было описано на гистологическом и ультраструктурном уровне (ТЭМ, СЭМ). Данные исследования были проведены для лучшего понимания морфологии клеток, исследуемых в текущей работе. Пролиферирующие клетки в S-фазе выявляли с помощью меченого нуклеотида EdU, делящиеся — за счет антител к фосфорилированному гистону H3 с последующей визуализацией на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе. Распределение клеток по клеточному циклу оценивали по нековалентному связыванию ДНК-интеркалятора йодида пропидия с помощью проточной цитофлуориметрии.

В ходе работы было выяснено, что для 4 видов характерно присутствие клеток преимущественно в G1-фазе. По результату иммунофлуоресцентного окрашивания и проточной цитофлуориметрии было определено, что в S-фазе находится менее 15 % клеток (приведено для *L. creepae*), а в M-фазе — менее 1 % (для *L. creepae*). По своей морфологии EdU-положительные клетки, определенные с помощью иммунофлуоресцентного окрашивания, являются в основном хоаноцитами и это, видимо, характерно для всех классов губок и не зависит от типа организации водоносной системы. Низкая доля клеток, занятых делением, свидетельствует о малой длительности M-фазы по сравнению с другими фазами, медленном прохождении клеточного цикла и об отсутствии «волн» пролиферации в интактных тканях. Данные результаты показывают, что поддержание гомеостаза тканей у губок осуществляются благодаря популяциям активных соматических клеток с медленной прогрессией клеточного цикла.

Comparative characteristics of proliferating cell populations and their contribution to maintaining tissue homeostasis in sponges

Zelenina A.^{1*}, Melnikov N.¹, Lavrov A.^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Cell Biology and Histology, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, N. A. Pertsov White Sea Biological Station

* e-mail: alex.neon.green@yandex.ru

We examined proliferating cells in four sponge species using microscopy and flow cytometry. In every species, choanocytes were the primary dividing cells, independent of aquifer system type. Most cells remained in G1, with fewer than 15 % in S and under 1 % in M, indicating slow cycling and choanocyte-driven proliferation overall.

Key aspects of accurate normalization of RT-qPCR data in the phylum Porifera

Skorentseva K.^{1*}, Melnikov N.^{2,3}, Saidova A.⁴, Lavrov A.²

¹ Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Laboratory of Morphogenesis Evolution, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, N.A. Pertsov White Sea Biological Station

³ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

⁴ Shenzhen MSU-BIT University, Shenzhen

* e-mail: skorentseva.ksenya.2016@post.bio.msu.ru

Quantitative real-time PCR (RT-qPCR) is a precise, sensitive, and widely used method to assess gene expression. However, its application requires accurate normalization of the resulting data, especially when it comes to non-model species. Studies on such organisms (for example, invertebrates) can be complicated by intraspecific and seasonal variability, limitations in sample availability, challenges of laboratory maintenance, and other factors.

Sponges (phylum Porifera) are the sister group of Eumetazoa. They lack muscle and nervous tissues, yet possess highly labile epithelia (choanoderm and pinacoderm) and represent a promising model in evolutionary developmental biology. Sponges offer unique opportunities to investigate tissue homeostasis, intercellular communication in the absence of neurohumoral regulation, and ultimately the origins of multicellularity.

In this study, we analyzed the expression stability of seven commonly used reference genes for RT-qPCR normalization: *ACT1*, *RPL13A*, *GAPDH*, *HPRT1*, *RSP3A*, *TBP*, and *LMN1* responsible for key cellular metabolic processes. Stability was assessed during an induced regeneration experiment in the calcareous marine sponge *Leucosolenia corallorrhiza* and further validated in three additional species: *Halisarca dujardini*, *Ephydatia fluviatilis*, and *Lycopodina hypogea*. These species were selected to represent broad ecological and phylogenetic diversity spanning calcareous and demosponges, marine and freshwater forms, filter feeders, and a carnivorous species.

To evaluate stability, we applied four widely used algorithms: geNorm, NormFinder, BestKeeper, and RefFinder. We also tested how the choice of reference gene affects the quantification of *RHOA*, a key regulator of the actin cytoskeleton.

None of the genes tested showed universal stability in all species examined, underscoring the need for species-specific validation. We further demonstrate that the use of multiple reference genes for normalization not only reduces variability but also helps avoid misinterpretation of biologically meaningful processes. Together, these results provide a robust methodological framework for future molecular studies of sponges, particularly those focused on regeneration, normal development, and interactions with the environment.

This work was supported by RSF grants No. 23-74-10005 (research on Leucosolenia corallorrhiza and Halisarca dujardini) and No. 24-14-00452 (research on Ephydatia fluviatilis and Lycopodina hypogea).

Участие гомеобоксных генов класса ANTP в развитии параподий у аннелиды *Platynereis dumerilii*

Тутаев А.Ф.^{1*}, Кулакова М.А.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

* e-mail: battlix@yandex.ru

Способы, при помощи которых билатеральные животные формируют конечности разнообразны, как и морфология этих конечностей. Кажется, что у лапы позвоночного, ноги насекомого и параподии аннелиды есть только две общие черты — все эти структуры возникают вдоль проксимо-дистальных осей тела, и все они производные сегментов, а значит являются серийными гомологами (паралогами). Есть ли хоть что-то общее между морфогенезом конечностей на уровне крупных таксонов? Ортологи они или функциональные гомологи (аналоги), возникшие конвергентно? Глубокая гомология (Deep homology) или гомология процесса часто лежит в основе эволюции аналогов. Это значит, что прямой структурной преемственности между органами далекого общего предка и потомков не существует, однако молекулярный фундамент их построения объединен на уровне отдельных узлов регуляторной сети. Действительно, гены (*dlx*, *exd*, *hth*, *lim*, *ap*), важные для морфогенеза конечности у позвоночных и насекомых, работают в параподиях у аннелид, подтверждая возможность такой анцестральной сети, хотя ее архитектура еще неизвестна и могла возникнуть конвергентно (Winchell and Jacobs, 2013; Grimmel et al., 2016).

В нашем исследовании проверяется гипотеза о том, что глубокая гомология в программах развития конечностей прослеживается на уровне кластера Нох-генов. Известно, что у позвоночных и насекомых Нох-гены определяют место закладки и морфологию конечностей. Мы предполагаем, что параподии аннелиды *Platynereis dumerilii* тоже формируются Нох-зависимым образом. В нашем постерном докладе представлены начальные этапы этого исследования, т. е. анализ экспрессионных паттернов Нох-генов в параподиях *P. dumerilii*. Мы поставили гибридизацию *in situ* (WMISH) с зондами ко всем Нох-генам и сделали макропрепараты для подробного анализа Нох-паттернов. По предварительным данным большинство Нох-генов работает в зачатках конечностей аннелиды, а некоторые продолжают работать в уже сформированных параподиях. Интересно, что другие гены из класса ANTP, в том числе родственные Нох-генам (*Mnx*, *Mox*, *Hex*, *Xlox*, *Pdx*, *Cad*), не участвуют в этом процессе (как и у остальных Bilateria). Это косвенно указывает на раннее эволюционное разграничение их ролей.

Мы полагаем, что участие Нох-генов в программах развития конечностей может быть прямым следствием их канонической осевой экспрессии в раннем развитии и унаследована от последнего общего предка всех Nephrozoa. Вне зависимости от структуры и функции предковых конечностей, Нох-гены вовлекались в контроль их морфогенезов, как и любых других осевых серийных гомологов.

Работа выполнена при содействии ЦКП «Хромас» и при поддержке сотрудников лаборатории структуры и функций хромосом (СПбГУ).

Involvement of ANTP-class homeobox genes in parapodial development of the annelid *Platynereis dumerilii*

Tutaev A. F.^{1*}, Kulakova M.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: battlix@yandex.ru:

Appendage formation in bilaterians varies but shares two common features: development along secondary body axes and serial homology. We explore deep homology in appendages development at the Hox gene level (ANTP class). Preliminary data demonstrate readable expression of some Hox genes in appendage buds of juvenile *Platynereis dumerilii*.

Analysis of the role of MAP-kinase signaling cascade in embryonic organizer activity in the development of *Ophelia limacina* (Spiralia, Annelida)

Grinberg M.*, Kozin V.

Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: greenerkk@gmail.com

Despite the remarkable diversity of adult body plans observed in Spiralia, many animals within this group share a stereotypical pattern of early development — spiral cleavage. A key stage of spiralian embryogenesis is the transition from the initial 4-fold radial symmetry of embryos to a bilateral body plan. This shift is driven by the activity of the D-quadrant organizer which leads to the establishment of the dorsoventral axis. In equally-cleaving annelids, the organizer is represented by the micromere 4d, which gives rise to the trunk mesoderm.

The MAP-kinase cascade, a conservative signaling pathway, has been demonstrated to play a role in organizer specification across various Spiralia species. Yet, MAPK conservative effectors remain largely unknown. Identifying them remains a central question in understanding the molecular mechanisms underlying axial specification in Spiralia. We investigated this question in the equally-cleaving White Sea annelid *Ophelia limacina*.

Following MAPK inhibitor application during cleavage period, we characterized phenotypic malformations and evaluated cell proliferation at the trochophore stage using a 2-hour EdU assay. Previously, we identified the putative period of organizer activity at the late blastula stage (70 cells), during which MAPK activity is detected in 4d. To determine the role of the MAPK cascade in the 4d activity, we performed bulk RNA-sequencing of U0126-treated and control embryos at the 70 cells stage, followed by differential expression (DE) analysis.

MAPK cascade inhibition does not disrupt the cleavage process in *O. limacina*, but results in the formation of larvae with a blind-ended gut, an absent apical tuft and a reduced hyposphere. Moreover, EdU labelling in the hyposphere, including both surface cells and 4d-derived mesodermal progenitors, is absent after MAPK inhibition. In contrast, proliferation pattern in the episphere remains unchanged.

DE analysis revealed 139 downregulated and 94 upregulated transcripts in the U0126-treated embryos. Among the downregulated sequences, we found several developmental regulators, including orthologs of Lhx and Irx transcription factors and Gsc, a marker of the embryonic organizer in Vertebrates. Among the upregulated sequences, we identified orthologs of Piwi and Gcm, which are involved in maintaining a multipotent cell state and are expressed in the annelid growth zone (Gazave et al., 2013).

Based on these findings, we propose a role for the MAPK cascade in 4d organizer activity and specification. MAPK activation is likely required for specific cell differentiations and maintenance of multipotency, which supports dorsocaudal growth and the formation of distinct organs such as the apical tuft and 4d-derived mesodermal bands.

This study was supported by the RSF grant № 23-74-10046.

Фармакологическая модуляция Wnt-сигналинга в ходе репаративной регенерации *Pygospio elegans*

Слипomorый А.М.^{1*}, Шуныкина К.В.², Старунова З.И.², Новикова Е.Л.³, Старунов В.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра эмбриологии, Санкт-Петербург

* e-mail: artem.slipomoruy.94@mail.ru

Регенеративные процессы Annelida контролируются множеством молекулярных механизмов. Важную роль в репаративной регенерации играет канонический Wnt/ β -катенин сигнальный путь (Wnt-сигналинг) (Bastin et. al., 2015). Он основан на действии лигандов, которые, связываясь с клеточными рецепторами, высвобождают β -катенин в цитозоль. Попадая в ядро, он запускает работу транскрипционных факторов, которые активируют гены, ассоциированные с сигналингом (Kozin et. al., 2019). Таким образом, активность сигналинга — это триггер, запускающий в том числе процессы пролиферации и клеточной дифференцировки.

Для изучения роли Wnt-сигналинга в регенерации полихет мы выбрали *Pygospio elegans* (Annelida, Spionidae), способного к регенерации не только хвостового, но и головного концов туловища. В предварительных экспериментах мы использовали семь различных веществ-ингибиторов и активаторов Wnt-сигналинга. Было показано, что фармакологическая модуляция действительно влияет на регенерацию (Слипomorый и др., 2025).

Для подробного изучения модуляции Wnt-сигналинга были выбраны вещества, показавшие наиболее выраженный эффект: активатор 1-azakenpaullone (Azp) и ингибитор PNU-74654 (PNU). Для оценки регенерации червей разрезали между 19-м и 20-м сегментами и инкубировали в растворах модуляторов. Выживаемость и морфогенез оценивали на 2-й, 4-й и 7-й дни эксперимента. Также в эти дни меняли растворы и часть особей фиксировали для последующего анализа. Кроме того, мы заранее провели оценку минимального объема растворов, необходимого для нормальной жизнедеятельности *P. elegans* и протестировали разные концентрации выбранных веществ. В результате наиболее удачным оказался объем 1 мл (черви содержались в стандартном 12-луночном планшете), а наиболее выраженное воздействие наблюдалось при концентрациях 5 мкМ (Azp) и 10 мкМ (PNU).

Обработка как активатором Azp, так и ингибитором PNU, вызывала задержку или аномалии развития как передней, так и задней регенерирующих частей (нарушение или полное отсутствие сегментации, формирование различных aberrантных структур). Полученные данные подтверждают ключевую роль сигнального пути Wnt в прохождении репаративной регенерации у кольчатых червей и демонстрируют чувствительность этого процесса к химической модуляции.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Таксон» ЗИН РАН в рамках тем госзадания 125012800894-6.

Pharmacological modulation of Wnt during reparative regeneration of *Pygospio elegans*

Slipomoroy A.^{1*}, Shunkina K.², Starunova Z.², Novikova E.³, Starunov V.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Embryology, Saint Petersburg

* e-mail: artem.slipomoruy.94@mail.ru

This study investigates the role of Wnt/ β -catenin signaling in early regeneration of the annelid *Pygospio elegans* under pharmacological influence. Using activator 1-azakenpaullone and inhibitor PNU-74654, we assessed their impact on the recovery. The results show that treatment with both substances leads to a delay with different morphological aberrations in regeneration.

Способности к регенерации двух беломорских аннелид

Ягупова Я.В.^{1*}, Щеглова О.А.¹, Матвейчева Е.П.², Никишин Д.А.³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

³ Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва

* e-mail: yanawad@yandex.ru

Регенерация у беспозвоночных остается важной моделью для изучения механизмов морфогенеза и клеточной пластичности. В работе исследованы регенерационные способности двух видов беломорских аннелид: мейобентосной аннелиды *Dinophilus vorticoides* и бентосной аннелиды *Lumbricillus* sp. *D. vorticoides* обладает пedomорфными чертами — он имеет морфологическое сходство с метатрохофорами других аннелид. Аннелиды рода *Lumbricillus* известны высокой регенерационной способностью, однако исследования для беломорских популяций ранее не проводились, что подчеркивает актуальность сравнительного анализа.

В исследовании было проанализировано 305 особей, из них 245 прооперированы и 60 использованы в контрольных группах. Животные обоих видов были распределены на группы ювенильных и половозрелых особей. У *D. vorticoides* осуществляли ампутацию головы, пигидия или дистального конца пигидия; у *Lumbricillus* sp. — четырех головных или четырех хвостовых сегментов. В каждой исследуемой группе включено 10 особей. Динамику выживаемости и восстановления структур оценивали по результатам стереомикроскопической фоторегистрации в течение четырех суток. Для анализа клеточной пролиферации 145 оперированных и 60 контрольных особей инкубировали с этинил-дезоксисуридином (EdU) с последующим исследованием методом конфокальной и флуоресцентной микроскопии.

К четвертому дню эксперимента выживаемость *D. vorticoides* оказалась значительно выше, чем у *Lumbricillus* sp. (90 % против 60 %), при этом активность сохранялась независимо от типа ампутации. У *Lumbricillus* sp. уже в первые сутки отмечалось снижение активности, а исход операции зависел от возраста и уровня сепарации сегментов. Конфокальная микроскопия выявила, что у ювенильных *D. vorticoides* равномерное распределение клеток в S-фазе по телу, у взрослых особей пролиферация обнаружена только на постериорном конце тела. Локальные зоны пролиферации в месте ампутации на 4-й день формировались после всех операций. Это подтверждает литературные данные о способности к антериорной и постериорной регенерации *D. vorticoides* (Маликова, 1971). В этих работах регенерация наблюдалась после инцистирования и выхода червей из цисты, однако наши данные говорят о том, что процессы регенерации начинаются намного раньше. У *Lumbricillus* sp. регистрировалась типичная эпиморфная регенерация: пролиферация при восстановлении головы у ювенильных и хвоста у половозрелых особей, что согласуется с возрастными различиями выживаемости и указывает на сохранение классических регенерационных паттернов для аннелид. Различия в регенерационных стратегиях рассматриваются как результат адаптаций к планктонному и бентосному образу жизни. Данные, полученные для *D. vorticoides* подтверждают и дополняют литературные данные об их способности к регенерации, а также расширяют наши представления о вариабельности регенерации среди аннелид.

Investigating regeneration in two White Sea annelids

Iagupova I.^{1*}, Shcheglova O.¹, Matveicheva E.², Nikishin D.³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

³ Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Moscow

* e-mail: yanawad@yandex.ru

We compare regeneration in two White Sea annelids: meiobenthic annelida *Dinophilus vorticoides* and benthic annelida *Lumbricillus* sp. Using amputations, survival assays and EdU labeling, we reveal higher, age-independent regenerative capacity in *D. vorticoides* and age-dependent epimorphic regeneration patterns in *Lumbricillus*, reflecting ecological adaptations and expanding knowledge of annelid plasticity.

К вопросу об асинхронности развития эмбрионов на примере брюхоногого моллюска *Amauropsis islandica*

Немчинов В.М.^{1,2}, Черецкая В.С.^{2,3}, Лукьянов К.С.⁴, Аристов Д.А.⁵*

¹ Университетская Гимназия МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

² Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

³ Вторая Санкт-Петербургская Гимназия, Санкт-Петербург

⁴ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

⁵ Зоологический институт РАН, Беломорская биологическая станция, Санкт-Петербург

* e-mail: nemchinovvoaoriginal@bk.ru

У множества организмов, откладывающих более одного яйца, можно предполагать наличие асинхронности развития, различной скорости развития эмбрионов внутри одной кладки, однако явление это мало изучено. Самки *Amauropsis islandica* (Naticidae: Gastropoda) откладывают на беломорской литорали удобные для изучения массивные кладки с большим количеством крупных яйцевых капсул, в которых постепенно развиваются лецитотрофные личинки, так что из яйца выходит сформированная ювениль. Это позволяет проследить все стадии развития в одной капсуле, позволяя оценить различия в скорости развития эмбрионов. Целью нашего исследования стало выявить асинхронность развития на примере кладок брюхоногого моллюска *Amauropsis islandica*.

Объекты исследования — 5 кладок моллюска, собранные в конце июля 2025 года в вершине Кандалакшского залива Белого моря. Все кладки фотографировали, для каждой яйцевой капсулы определяли ее положение в кладке. После этого каждую капсулу в кладке вскрывали, определяя стадию развития и отмечая отдельно капсулы с застывшим эмбриогенезом или с деформированными эмбрионами. В результате суммарно на 5 кладок пришлось 3186 капсул, то есть в среднем по 637 яиц на кладку (от 374 до 882), среди которых было 218 (около 6,8 %) яйцевых капсул с ненормальным развитием эмбрионов. Нормально развивающиеся эмбрионы в основном были на последней стадии развития (сформированные, готовые к выходу из яйцевых оболочек ювенили, всего 591). Кроме того, 871 капсул были пусты и содержали отверстия выхода. Тем не менее, в каждой кладке эмбрионы были как на самых ранних, так и на самых поздних стадиях развития.

По этим результатам можно судить о наличии асинхронности развития у данного моллюска. В отдельных кладках степень развития эмбрионов коррелирует с положением капсулы в кладке, в результате чего формируется полярность лентовидной кладки, как в ее ширину, так и в высоту. Поскольку самка откладывает яйца в ленту поперечными рядами, обнаруженный паттерн может быть связан с какими-то особенностями самого процесса яйцекладки, в то же время неравномерность развития эмбрионов в разных продольных рядах, как мы предполагаем, обуславливается влиянием абиотических факторов.

ДАА выполнял проект при частичной поддержке Государственного задания 125012800889-2, Зоологический институт РАН

On the asynchronous development of embryos: the case study of the moon snail's *Amauropsis islandica* egg masses

Nemchinov V.^{1,2}, Cheretskaya V.^{2,3}, Lukyanov K.⁴, Aristov D.⁵*

¹ Lomonosov Moscow State University Gymnasium, Moscow

² Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

³ The Second Saint Petersburg Gymnasium, Saint Petersburg

⁴ Herzen State Pedagogical University, Saint Petersburg

⁵ Zoological Institute RAS, White Sea Biological Station, Saint Petersburg

* e-mail: nemchinovvoaoriginal@bk.ru

The asynchrony of development in five sand collars of moon snail *Amauropsis islandica* was studied. Of the 3,186 capsules, 2,968 were in normal development, most of which were in advanced stages. It can be assumed that there is a correlation between the stage and its position in the sand collar.

Оптимизация HCR (hybridization chain reaction) для немодельных беспозвоночных

Квач А.Ю.^{1*}, Старунова З.И.², Кутюмов В.А.³, Старунов В.В.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, ЦКП «Таксон», Санкт-Петербург

* e-mail: ay.kvach.r@gmail.com

Корректная визуализация локусов экспрессии генов в тканях при сохранении полного морфологического контекста очень важна для изучения биологии развития живых организмов. Традиционно для этого применяют методы РНК гибридизации *in situ* (WMISH), но их многоступенчатость и необходимость тонкой оптимизации делают данный подход непростым, особенно при работе с немодельными беспозвоночными. Последние десять лет все большую популярность набирает усовершенствованная модификация этих методов — гибридационная цепная реакция (Hybridization chain reaction, HCR), которая проводится при постоянной температуре и без участия ферментов. Для многих групп беспозвоночных этот метод еще не апробирован, и темой данного доклада является презентация результатов успешного применения метода HCR для пары представителей Lophotrochozoa - морской полихеты *Pygospio elegans* и пресноводной мшанки *Cristatella mucedo*.

В качестве исследуемых генов для *C. mucedo* мы выбрали маркеры стволовых клеток *Myc* и *Musashi*, чья дифференциальная экспрессия была ранее продемонстрирована в ходе анализа транскриптомных данных (Kvach et al., 2025). Для апробации протокола HCR мы использовали ювенильные колонии *C. mucedo*, пророщенные из замороженных статобластов в лабораторных условиях. Мы успешно детектировали экспрессию *Myc* в клетках внутреннего слоя почек, а экспрессию *Musashi* — в основании щупалец лофофора *C. mucedo*. Экспрессия обоих маркеров совпала со специфическими зонами повышенной пролиферативной активности, детектированными при помощи EdU-мечения.

Для *P. elegans* в качестве генов интереса были выбраны два гена с высокими уровнями экспрессии, участвующие в нейрогенезе: *elav* и *synaptotagmin*. *Elav* у аннелид — это консервативный ген, участвующий в дифференцировке нейронов. Его экспрессия характерна для формирующейся и зрелой нервной системы. Экспрессия гена *Synaptotagmin* у аннелид локализована в центральной нервной системе, а также в развивающихся нейронах, где он маркирует формирующиеся химические синапсы (Meuer, Seaver, 2009). Для постановки HCR мы использовали регенераты разных сроков развития. Нами успешно была детектирована экспрессия генов *elav* и *Synaptotagmin* в головном и хвостовом регенератах на 7-е сутки в районе брюшной нервной цепочки, головного мозга и сегментарных нервов.

Обработка метода HCR для каждого нового объекта исследования требует индивидуального подхода. Необходимо подбирать эффективные методы предгибридационной обработки, варьировать время и температуру гибридизации, а также другие параметры. Тем не менее, данный метод можно с уверенностью рекомендовать для работы с широким спектром немодельных беспозвоночных.

Проект выполняется при поддержке РФФ № 23-14-00351 и Государственного задания № 125012800894-6, Зоологический институт РАН.

Optimization of HCR (hybridization chain reaction) for non-model invertebrates

Kvach A.^{1*}, Starunova Z.², Kutyumov V.³, Starunov V.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, Taxon Center, Saint Petersburg

* e-mail: ay.kvach.r@gmail.com

We applied HCR to two lophotrochozoans: juvenile colonies of *Cristatella mucedo*, detecting stem-cell markers *Myc* and *Musashi*, and regenerating fragments of *Pygospio elegans*, visualizing neurogenic genes *elav* and *synaptotagmin*. The method reliably revealed cell-type-specific expression patterns, highlighting HCR as an adaptable tool for non-model invertebrate animals.

Тайная жизнь *Arenicola marina*. Как нам удалось получить личиночную культуру пескожила

*Бармасова Г.А. *, Козлова А.М., Старунова З.И., Шунькина К.В., Старунов В.В.*

Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

* e-mail: barmasovagalina@yandex.ru

Пескожил *Arenicola marina* (Linnaeus, 1758) — один из широко распространенных обитателей литорали и верхней сублиторали Северной Атлантики. Этот вид аннелид населяет илисто-песчаные и песчаные грунты, где строит характерные U-образные норы. Несмотря на длительную историю изучения, ключевые этапы размножения и личиночного развития *A. marina* по-прежнему остаются малоисследованными (Newell, 1948; Farke, Berghuis, 1979; De Cubber et al., 2019). Нашей научной группе для изучения онтогенеза пескожила было необходимо получить личиночную культуру *A. marina* из природной популяции и отработать методику поддержания ее жизнеспособности в лаборатории.

Сбор взрослых особей проводили в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова в течение полевых сезонов 2024 и 2025 годов. Было собрано более 200 взрослых особей, у которых определяли пол, возраст и степень зрелости по наличию половых клеток в целомической жидкости (Калякина, 1976). В 2024 году предпринимались попытки искусственного оплодотворения в лабораторных условиях, однако они оказались неудачными (Бармасова и др., 2025). В 2025 году для получения оплодотворенных яиц в природных условиях были использованы изготовленные на 3D-принтере U-образные трубки со сквозными отверстиями для циркуляции воды. Трубки заполняли песком, внутрь помещали половозрелых самок и закапывали на литорали так, чтобы верхние части оставались видимыми на поверхности. Начало нереста у свободноживущих особей на литорали отслеживали ежедневно. Экспериментальных самок извлекали и проверяли на отсутствие зрелых ооцитов в целомической жидкости. Песок из трубок просеивали и переносили в контейнеры с морской водой. В отсепарированной фракции были обнаружены дробящиеся зиготы на стадиях от 2 до 32 бластомеров.

Таким образом, задачи полевого сезона 2025 года были успешно выполнены: личиночную культуру *A. marina* удалось получить в природных условиях и доставить в лабораторию. Личинки сохранялись живыми в течение двух месяцев, однако их численность постепенно снижалась вплоть до полной гибели культуры, что, вероятно, связано с неоптимальными условиями содержания. Тем не менее, был собран материал, охватывающий различные стадии развития, что позволит провести морфологическое описание и выделить основные этапы онтогенеза. Применение напечатанных трубок подтвердило перспективность метода, однако выявило конструктивные недостатки требующие устранения перед следующим полевым сезоном.

Полевые исследования выполнены на базе ББС МГУ им. Н.А. Перцова. Лабораторные исследования выполнены на базе ЦКП «Таксон» в рамках темы госзадания 125012800894-б.

The secret life of *Arenicola marina*. How we managed to obtain a lugworm larval culture

*Barmasova G. *, Kozlova A., Starunova Z., Shunkina K., Starunov V.*

Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

* e-mail: barmasovagalina@yandex.ru

The early ontogeny of the widespread lugworm *Arenicola marina* (Linnaeus, 1758) remains poorly studied. We developed a field method using 3D-printed U-shaped tubes to obtain fertilized eggs directly from the natural habitat in the White Sea. The method successfully provided larval material, enabling the description of early developmental stages for this species.

ПРОТИСТОЛОГИЯ
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Систематика и ультраструктурные данные представителей рода *Dermamoeba* (Amoebozoa; Discosea)

Чикадзе Е.Д.^{1*}, Камышацкая О.Г.^{1,2}, Мезенцев Е.С.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, Лаборатория цитологии одноклеточных организмов, Санкт-Петербург

* e-mail: st107864@student.spbu.ru

Dermamoeba (Amoebozoa; Discosea) — род голых лобозных амёб, представители которого могут быть обнаружены в наземных и пресноводных местообитаниях, преимущественно в почве. Группа имеет широкое географическое распространение, однако на сегодняшний день описано всего четыре вида, а молекулярные данные получены лишь для двух, но не для типового вида *D. algensis*. Повсеместные находки позволяют предположить, что разнообразие группы намного шире и пока недостаточно изучено. Для идентификации дермамеб используется крайне мало светомикроскопических признаков: размерные характеристики, организация ядрышкового материала и включения в клетке. Одной из уникальных черт этих амёб является тонкое строение клеточных покровов, которое, возможно, также можно использовать для идентификации, и на основании которого можно надёжно реизолировать типовой вид рода.

Нами были выделены штаммы из проб, отобранных из различных, удаленных друг от друга географических точек. Первичная морфологическая идентификация, сделанная при помощи световой микроскопии, позволила предположить, что нами были реизолированы виды *D. fibula* (штаммы 165, Мария) и *D. algensis* (штамм Роза), а также обнаружены штаммы, по размерным характеристикам, не подходящим под описание уже известных видов (штаммы Сина, 149 и КМЧ). Для полученных штаммов были получены последовательности генов 18S рРНК и COI, попарное сравнения последовательностей которых показало, что все изученные амёбы имеют различия с последовательностями описанных видов. Между тем, последовательности штаммов 165, Мария и 149 имели высокое сходство, а рассматриваемые участки последовательностей штаммов Мария и Роза были идентичны. Все это дает основание предполагать, что нами были обнаружены три новых вида.

Также для штамма Мария были получены ультраструктурные данные. Строение гликокаликса нашего штамма соответствовали общему плану строения покровов, характерных для других представителей этого рода. Однако имелись некоторые отличия, например, мы не смогли выделить комковатый слой, описанный в других работах. Несмотря на то, что в общих чертах покровы нашего штамма похожи на покровы известных видов этого рода мы обнаружили некоторые различия в их строении. Возможно, ультраструктуру покровов можно использовать для более точной идентификации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФ №23-74-00050 с использованием оборудования РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», «Культивирование микроорганизмов», «Биобанк» Научного парка СПбГУ.

Systematics and ultrastructural data of representatives of the genus *Dermamoeba* (Amoebozoa; Discosea)

Chikadze E.^{1*}, Kamyshatskaya O.^{1,2}, Mezentsev E.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Institute of Cytology RAS, Saint Petersburg

* e-mail: st107864@student.spbu.ru

We isolated six strains of *Dermamoeba* from various geographical locations. Analysis of molecular data showed that we discovered three new species. For one of them, we obtained ultrastructural data.

Иголка в стоге сена — представитель рода *Gephyramoeba* изолирован из пробы компоста через 50 лет поисков

*Кулишкин Н.С.**

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

* e-mail: n.kulishkin@spbu.ru

Род *Gephyramoeba* был установлен Гудеем в 1915 году (Goodey, 1915) для вида *G. delicatula* — уплощенных, одноядерных амёб, тело которых состоит из нескольких тонких и длинных ветвей, расширяющихся в дистальных участках. До 1970-х годов этот род не упоминался в основных крупных работах по систематике амёб (Schaeffer, 1926a; Kudo, 1946; Chatton, 1953; Honigberg et al., 1964; Bovee and Jahn, 1966).

В 1976 году Пюссар и Пон изолировали представителей вида *G. delicatula* (или морфологически близких к ним амёб) из образца почвы, собранного в аббатстве Сито, Франция (Pussard and Pons, 1976). Они получили микрофотографии трофозоитов и цист, а также описали преобразования ядерного материала во время митотического деления клетки. На основании этих данных Пюссар и Пон уточнили диагноз рода *Gephyramoeba* и создали для него семейство Gephyramoebidae в составе отряда Leptomyxida (Pussard and Pons, 1976). Такое систематическое положение этот род сохранил в последних морфологических системах голых амёб (Rogerson and Patterson, 2000).

Представители рода *Gephyramoeba*, вероятно, не попадали в поле зрения исследователей с 1976 года, а культура Пюссара и Пона давно утрачена. По этой причине для организмов этого рода молекулярные данные отсутствуют. Единственный сиквенс, ошибочно названный как «*Gephyramoeba* sp.», был получен с ДНК амёбы филогенетической линии Variosea. Таким образом, на текущий момент данные о филогении амёб рода *Gephyramoeba* отсутствуют, и систематический статус этого рода неясен.

В 2024 году из образца компоста, собранного в Ленинградской области, мы изолировали уплощенных и разветвленных амёб. Для них была установлена клональная культура, получены микрофотографии (DIC, IMC) и молекулярные данные — последовательности гена 18S рРНК и фрагмента гена *cox1*. По своим морфологическим характеристикам эти амёбы близки к представителям вида *Gephyramoeba delicatula*. На филогенетических деревьях их последовательности формируют отдельные длинные ветви, что отличает их от представителей других родов лептомиксид, для которых получены молекулярные данные. Кроме того, сиквенс гена 18S рРНК этих амёб содержит уникальные для лептомиксид мотивы и интроны. Совокупность этих данных позволяет утверждать, что спустя почти 50 лет поисков мы изолировали представителя рода *Gephyramoeba*. Изучение изолированных амёб внесет значимый вклад в развитие системы амёб отряда Leptomyxida.

Проект выполняется при поддержке гранта РФФ № 23-74-00050. Работа выполнена с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий». Автор признателен Елизавете Чикадзе за сбор пробы компоста.

Needle in a haystack — a representative of the genus *Gephyramoeba* is isolated from a compost sample after 50 years of searching

*Kulishkin N.**

Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

* e-mail: n.kulishkin@spbu.ru

Gephyramoeba delicatula was described in 1915 and re-examined in 1976, with no subsequent observations or modern data. We isolated a morphologically similar amoeba and examined it using light microscopic and molecular methods, providing the first modern data on a representative of the genus unstudied for nearly fifty years.

Эволюция паразитических динофлагеллят рода *Haplozoon* (Dinoflagellata)

Прилуцкий М.Е.^{1,2*}, Шаповал Г.Н.³, Шаповал Н.А.³, Паскерова Г.Г.^{4*}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

² Институт цитологии РАН, лаборатория цитологии одноклеточных организмов, Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, лаборатория систематики насекомых, Санкт-Петербург

⁴ Зоологический институт РАН, лаборатория по изучению паразитических червей и протистов, Санкт-Петербург

* e-mail: mhl981622@gmail.com, Gita.Paskerova@zin.ru

Среди динофлагеллят — одноклеточных организмов — наиболее известны представители морского фитопланктона, разнообразие и эволюция их форм хорошо изучены. В сравнении с ними паразитические динофлагелляты остаются недостаточно исследованными. Род *Haplozoon* Dogiel, 1906 насчитывает 17 видов кишечных паразитов полихет. Гаплозооны обладают высокой вариативностью в строении клетки. Их тело разделено на гетерономные компартменты, взаимное расположение которых различается у разных видов: формируют однорядные, многорядные или даже многослойные цепочки компартментов. Так достигается функциональная многоклеточность гаплозоонов. В настоящее время в открытом доступе можно найти молекулярные данные только для пяти видов, в число которых не входит типовой вид *Haplozoon armatum* Dogiel, 1906. Эволюционные тенденции в пределах рода не установлены до сих пор. Для решения этой проблемы необходимо провести филогенетический анализ гаплозоонов и сопоставить полученные результаты с данными по морфологии паразитов.

Мы получили последовательности генов 18S и 28S рРНК для *Haplozoon armatum*, изолированного из беломорской полихеты *Travisia forbesii*, и не описанного вида *Haplozoon* sp. из полихеты *Praxillella praetermissa*, провели филогенетический анализ, а затем сопоставили результаты с данными по морфологии разных гаплозоонов, полученными нами или взятыми из литературы. На филогенетических деревьях гаплозооны образуют хорошо поддерживаемую монофилетическую кладу, в которой виды с большим числом рядов (например, *H. armatum*) занимают базальное положение по отношению к видам, клетка которых составлена из одного или двух рядов компартментов. Таким образом, мы предполагаем, что высокая рядность расположения компартментов является архаичной чертой строения паразитов, и выдвигаем гипотезу о компактизации клетки гаплозоонов в ходе эволюции рода.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 125012800903-5 «Паразиты животных и растений — видовое разнообразие, эволюция и пути трансмиссии в естественных и антропогенных ландшафтах».

Evolution of parasitic dinoflagellates of the genus *Haplozoon* (Dinoflagellata)

Prilutsky M.^{1,2*}, Shapoval G.³, Shapoval N.³, Paskerova G.^{4*}

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

² Institute of Cytology RAS, Laboratory of Cytology of Unicellular Organisms, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, Laboratory of Insect Taxonomy, Saint Petersburg

⁴ Zoological Institute RAS, Laboratory for the Study of Parasitic Worms and Protists, Saint Petersburg

* e-mail: mhl981622@gmail.com, Gita.Paskerova@zin.ru

Haplozoon are parasitic dinoflagellates comprising over a dozen species. Molecular data are lacking for most haplozoons, the evolutionary trends of the genus are unclear. We obtained molecular data for two more haplozoons and conducted phylogenetic analysis to link the results with morphological characters and hypothesize the *Haplozoon* evolution.

Ультраструктура и развитие микроспоридии из рака-отшельника

Скобкина О.А.^{1,2*}, Камышацкая О.Г.^{1,2}, Миролюбов А.А.³, Шкляр А.А.¹, Фролова Е.В.², Миролюбова Т.С.⁴, Кремнев Г.А.³, Лянгузова А.Д.³, Илюткин С.А., Насонова Е.С.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Институт цитологии РАН, Лаборатория цитологии одноклеточных организмов, Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, Лаборатория по изучению паразитических червей и протистов, Санкт-Петербург

⁴ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Лаборатория систематики и эволюции паразитов, Москва

* e-mail: levuyashyk@mail.ru

Микроспоридии — крупная группа паразитических одноклеточных организмов. Для них характерен широкий круг хозяев (от протистов до позвоночных животных). Большое число видов микроспоридий описано из членистоногих, в том числе ракообразных.

Несколько лет назад на Белом море в раке-отшельнике *Pagurus pubescens*, были обнаружены белые узелки неизвестной природы. Оказалось, что это следствие микроспоридиоза, который ранее не описывали в *P. pubescens*. Молекулярные и морфологические исследования показали, эта микроспоридия представляет собой новый вид рода *Areospora* из монотипического семейства Areosporidae. Единственный представитель данного семейства был описан в Чили у южного королевского краба *Lithodes santolla*.

Материал был собран на Белом море (УНБ СПбГУ «Беломорская», ББС МГУ); были сделаны прижизненные фотографии с помощью дифференциальной интерференционно-контрастной микроскопии, окрашенные гистологические препараты и заливки для трансмиссионной электронной микроскопии.

По нашим данным, пролиферативные стадии развиваются в индивидуальных вакуолях, которые впоследствии трансформируются в спорофорные пузырьки. В ходе пролиферации формируются крупные плазмодии. Их покровы тонкие и орнаментированы тубулярными щетинками. Мы предполагаем, что сначала они неполностью делятся на четыре округлые лопасти, затем до завершения плазмотомии делятся еще раз. В результате розетковидной плазмотомии образуется восемь округлых споробластов. Споробласты соединены друг с другом цитоплазматическими мостиками. В их цитоплазме были обнаружены электронно-плотные глобулы, от которых, по-видимому, отшнуровываются элементы полярной трубки. Цитоплазма ранних споробластов сильно вакуолизирована, в вакуолях располагаются элементы формирующейся полярной трубки. У поздних споробластов начинают формироваться якорный диск и полярный пласт, элементы аппарата экстрюзии перемещаются на полюса молодой споры. Следующий этап — начало формирования эндоспоры. Далее разбираются цитоплазматические мостики. В результате формируется спорофорный пузырек с октоспорами. Зрелые споры овальные или яйцевидные, монокариотические, размером 4,8 x 3,3 мкм. Стенка спор состоит из выраженной электронно-прозрачной эндоспоры и многослойной экзоспоры и декорирована тонкими тубулярными выростами («щетинками»). Полярная трубка длинная анизотрильная, передний виток крупнее, остальные 20 витков одинаковой толщины, уложены в четыре ряда. Якорный диск и полярный сак имеют каноническую грибоподобную форму. Полярный пласт двухчастный, его передняя часть сформирована плотно прилегающими друг к другу ламеллами, окружающими заднюю везикулярную часть. Задняя вакуоль хорошо выражена.

Исследование выполнено при поддержке РФФ - проект № 23-74-00071 с использованием оборудования Научного парка СПбГУ.

Ultrastructure and development of microsporidia from the hermit crab

Skobkina O.^{1,2*}, Kamyshatskaya O.^{1,2}, Mirolubov A.³, Shklyar A.¹, Frolova E.², Mirolubova T.⁴, Kremnev G.³, Lianguzova A.³, Ilyutkin S., Nassonova E.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

² Institute of Cytology RAS, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

⁴ Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

* e-mail: levuyashyk@mail.ru

A new species of microsporidia from the genus *Areospora* was discovered in the hermit crab on the White Sea. It was studied using light and electron transmission microscopy.

БОТАНИКА
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Видовое разнообразие почвенных и эпиксильных лишайников в условиях высотной поясности горы Кивакка (Национальный Парк Паанаярви, Республика Карелия)

*Филатова М.В. *, Беляева Т.А., Андросова В.И.*

Петрозаводский государственный университет, кафедра ботаники и физиологии растений, Петрозаводск
* e-mail: maryana.filatova.03@inbox.ru

Национальный парк «Паанаярви» расположен на северо-западе Республики Карелия, в пределах Лоухского муниципального района, на границе с Финляндией. Основная часть его территории приурочена к уникальным для Карелии северотаежным низкогорным ландшафтам с расчлененным рельефом. На горных вершинах «Паанаярви» выражена высотная поясность растительности — горные тундры сменяются редколесьями и лесными сообществами с вклинивающимися участками «висячих» болот (Кравченко, Кузнецов, 2008). Комплекс уникальных природных условий, сложившихся на территории Парка, обуславливает высокое видовое разнообразие и специфичность видового состава как растений, так и лишайников. Здесь отмечено около трети видов лишайников, известных для Карелии (Halonen, 1993).

Целью исследования являлось изучение видового состава эпигейных и эпиксильных лишайников и особенностей его распределения по градиенту высотной поясности на горе Кивакка (449 м). Исследование проводилось в 2025 году на шестнадцати постоянных пробных площадях размером 25 × 25 м, заложенных в разных типах растительных сообществ по склону горы. Общая площадь исследования составила 1 га. В ходе работы были проведены полные геоботанические описания всех компонентов растительных сообществ (Методы изучения..., 2002). Образцы лишайников были собраны с почвы и валежа для дальнейшего определения в лаборатории кафедры ботаники и физиологии растений ПетрГУ по общепринятым в лихенологии методикам. Проанализированные образцы хранятся в гербарии ПетрГУ (PZV).

В результате исследования было обнаружено 126 видов лишайников и близкородственных грибов, которые принадлежат к 27 семействам и 57 родам, преобладают кустистые и накипные лишайники. Всего на почве был обнаружен 31 вид лишайников, на валеже — 70, из них 25 видов — на обоих субстратах. Среди обнаруженных видов 3 занесены в Красную книгу Республики Карелия (2020). 37 видов впервые обнаружены на территории биогеографической провинции *Karelia kuusamöensis*, 46 — впервые отмечены для территории Парка. Выявлены различия в общем числе видов и в числе видов лишайников эпигейной и эпиксильной групп в разных поясах растительности по склону горы: тундра — 35 видов (21 — эпигейных, 6 — эпиксильных, 8 — эпигейно-эпиксильных); лесотундра — 36 (6, 9, 21 вид соответственно); лес — 101 (12, 68, 21 вид соответственно). Согласно ареалогической структуре, наибольшее число видов (91) являются мультирегиональными, а по зональной структуре — мультизональными (58) и бореальными (43). Среди обнаруженных видов отмечены арктоальпийские (12) и арктобореальные виды (3).

Diversity of terricolous and lignicolous lichens in the altitudinal zonation gradient of mountain Kivakka (Paanajärvi National Park, Republic of Karelia)

*Filatova M. *, Androsova V., Beliaeva T.*

Petrozavodsk State University, Department of Botany and Plant Physiology, Petrozavodsk
* e-mail: maryana.filatova.03@inbox.ru

We studied terricolous and lignicolous lichen diversity in the plant communities along the altitudinal zonation gradient of mountain Kivakka, Paanajärvi National Park. In total 126 species of lichens were found: 35 — in tundra, 36 — in forest-tundra, 101 — in forest communities.

Эпилитные лишайники тундровых сообществ в условиях высотной поясности горы Нуорунен (Национальный Парк Паанаярви, Республика Карелия)

Пятницына М.П. *, Сонина А.В.

Петрозаводский государственный университет, кафедра ботаники и физиологии растений, Петрозаводск

* e-mail: Pyatnitsyna04@mail.ru

Исследование выполнено в июне 2025 года в национальном парке Паанаярви, который находится на севере Республики Карелия (Лоухский административный район). Изучали видовое разнообразие эпилитных лишайников по склону горы Нуорунен, самой высокой горы на территории Карелии (577 м). По склону происходит смена растительных сообществ от лесных — в основании горы до лесотундры (редколесье) и тундры.

Видовое разнообразие эпилитных лишайников изучали в пределах 4 геоботанических пробных площадей размером 625 м², которые закладывали в разных типах растительных сообществ. Сбор образцов лишайников выполнен с минеральных субстратов разных экспозиций, а также с примитивной почвы, которая накапливалась на поверхности камней и на скальных выходах. В настоящей работе приводятся данные только из тундровых сообществ. В ходе исследования собрано порядка 200 образцов. Определение видов выполнено на кафедре ботаники и физиологии растений принятыми в лихенологии методами.

К настоящему моменту известно 444 вида лишайников для территории НП «Паанаярви» (Halonen, 1993). Среди них с Нуорунен — 135 видов. Мы предполагаем, что число видов может быть большим при более детальном обследовании территории.

Нами выявлено 90 видов лишайников тундровых сообществ горы Нуорунен, из них 20 — новые для территории НП «Паанаярви», из них 7 облигатных эпилитов являются новыми для Нуорунен: *Aspicilia recedens* (Taylor) Arnold, *Calvitimela armeniaca* (DC.) Hafellner, *Lecidea plana* (J. Lahm) Nyl., *Porpidia tuberculosa* (Sm.) Hertel & Knoph, *Rhizocarpon intersitum* Arnold, *R. leptolepis* Anzi, *Tremolecia atrata* (Ach.) Hertel.

Epilithic lichens of tundra communities in the conditions of the altitude zonation of Mount Nuorunen (Paanajärvi National Park, Republic of Karelia)

Pyatnitsyna M., Sonina A.

Petrozavodsk State University, Department of Botany and Plant Physiology, Petrozavodsk

* e-mail: Pyatnitsyna04@mail.ru

We studied the species diversity of epilithic lichens in the plant communities in the conditions of the altitude zonation of Mount Nuorunen, Paanajärvi National Park. More than 200 specimens were collected and 90 species were identified, of which 20 are new to the NP Paanajärvi and 7 epilithic species new for Mount Nuorunen.

Сравнительный анализ и аннотация хлоропластных геномов видов *Taraxacum* (Одуванчик) из Арктического и Субарктического регионов

Скрябина А.О.^{1,2*}, Ефимов П.Г.³, Домашкина В.В.^{2,4}

¹ ИТМО, Санкт-Петербург

² Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Лаборатория Биосистематики и Цитологии, Санкт-Петербург

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Отдел Гербарий высших растений, Санкт-Петербург

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ботаники, Санкт-Петербург

* e-mail: skryabinaalexandra@yandex.com

Настоящее исследование фокусируется на анализе и аннотации хлоропластных геномов 21 вида рода *Taraxacum*, относящихся к различным секциям и представляющих как близкородственные, так и более отдаленные таксоны. Эти виды представляют особый интерес, поскольку среди них есть как арктические и субарктические по своему распространению, так и широкоареальные виды; при этом все изученные образцы были собраны в арктических и субарктических регионах, что делает их ценным материалом для исследования адаптаций растений к экстремальным условиям Севера. Выборка, состоящая из 21 образца, включала 17 видов, собранных в районе Тромсё (Норвегия), а также единичные образцы с других территорий: *T. torvum* и *T. brachyrhynchum* (о. Ян-Майсен, Норвегия), *T. brachyceras* (остров Шпицберген, Норвегия) и *T. lacevum* (Талойоак, Канада).

Исходные несобранные геномы были взяты из открытой базы данных NCBI. Для получения полногеномной сборки хлоропластов был использован программный пакет GetOrganelle, а затем выполнено достраивание и выравнивание контигов с помощью инструмента RagTag, используя в качестве референсного генома *Taraxacum officinale* (KX198561). Процесс аннотации проводился с использованием программного обеспечения GeSeq, предназначенного для высокоточной идентификации генов в органеллярных геномах. После успешной сборки геномов и их аннотации, в хлоропластных геномах изученных видов *Taraxacum* было идентифицировано 92 функциональных гена и шесть псевдогенов. В результате аннотации хлоропластного генома были идентифицированы гены, кодирующие ключевые компоненты метаболизма, включая субъединицы фотосистем I и II (*psa*, *psb*), АТФ-синтазы (*atp*), НАД(Ф)Н-дегидрогеназы (*ndh*), РНК-полимеразы (*rpo*), рибосомальные белки (*rpl*, *rps*), а также полный набор транспортных РНК (*trn*) и открытые рамки считывания (*ycf*).

Ключевым результатом, требующим дальнейшего изучения, стало отсутствие восьми генов в исследуемых образцах по сравнению с референсным геномом *T. officinale*. Это наблюдение порождает две основные гипотезы: либо отсутствие отражает фактическую потерю этих генов в процессе эволюционной адаптации арктических видов, либо оно связано с ошибками в программе аннотации, особенно учитывая, что большинство «выпавших» генов, как известно, демонстрируют высокую вариабельность последовательностей, что могло помешать их точному распознаванию. Данный факт требует дальнейшего изучения и ручной аннотации для исключения артефактов автоматической обработки.

Comparative Analysis and Annotation of Chloroplast Genomes of *Taraxacum* Species from Arctic and Subarctic Regions

Skryabina A.^{1,2*}, Efimov P.³, Domashkina V.^{2,4}

¹ ITMO University, Saint Petersburg

² Komarov Botanical Institute RAS, Laboratory of Biosystematics and Cytology, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Botany, Saint Petersburg

⁴ Komarov Botanical Institute RAS, Herbarium of Higher Plants, Saint Petersburg

* e-mail: skryabinaalexandra@yandex.com

This study analyzed and annotated chloroplast genomes from 21 *Taraxacum* species from Arctic/Subarctic regions. Assembly used GetOrganelle and RagTag (reference: *T. officinale* KX198561), with GeSeq for annotation. Key finding: 92 functional genes were identified, but eight genes were absent compared to the reference, possibly due to evolutionary loss or annotation errors requiring manual validation.

Влияние условий произрастания на хлорофильный индекс *Cypripedium calceolus* L. в НП «Паанаярви» (Республика Карелия)

Дрогунова Д.И. *, Стародубцева А.А.

Петрозаводский государственный университет, кафедра ботаники и физиологии растений, Петрозаводск

* e-mail: dariadrogunova@mail.ru

Венерин башмачок обыкновенный *Cypripedium calceolus* L. является редким представителем семейства Орхидные (Orchidaceae), занесён в Красную книгу Карелии со статусом редкости 5 (LC) (2020) и России со статусом редкости 3 (2023). В Карелии вид отмечен во всех флористических районах, охраняется на территориях заповедников «Кивач» и «Кандалакшский», а также в национальном парке «Паанаярви». По данным А.В. Кравченко и О.В. Кузнецова (2008) на территории парка вид встречается нередко, произрастает в лесах и на низинных болотах.

Исследования были проведены на территории НП «Паанаярви» в конце июня 2025 года. В задачи исследования входило: описание 2 фитоценозов с разной освещенностью, в которых произрастает *C. calceolus*, измерение содержания фотосинтетических пигментов в листьях *C. calceolus*, а также анализ полученных данных. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофильный индекс) определяли неинвазивным методом с помощью прибора AtLeaf (США).

Видовое богатство первого сообщества составляет 51 вид сосудистых растений и 6 видов мхов, а второго — 54 вида сосудистых растений и 7 видов мхов, количество общих видов в сообществах — 47. В первом фитоценозе, ельнике разнотравно-зеленомошном, древесный ярус составляют 3 вида, подлесок — 7 видов, травяно-кустарничковый ярус — 44 вида, мохово-лишайниковый — 6 видов. Во втором фитоценозе, смешанном разнотравно-зеленомошном лесу, древесный ярус составляют 4 вида, подлесок — 10 видов, травяно-кустарничковый ярус — 40 видов, мохово-лишайниковый — 7 видов. Сомкнутость крон составляет 45–50 % и 75–80 % соответственно, первая ценопопуляция *C. calceolus* произрастает при меньшем затенении, чем вторая. Хлорофильный индекс второго фотосинтезирующего листа у вегетативных особей первой ценопопуляции в среднем составил 26,1, у генеративных — 25,8. У особей второй ценопопуляции это значение равно 27,2 и 30,5 соответственно.

Различное содержание фотосинтетических пигментов в листьях *C. calceolus* может свидетельствовать об адаптации растений к различной освещенности. При дальнейшей оценке состояния ценопопуляций могут быть выявлены оптимальные условия освещенности для сохранения устойчивых ценопопуляций *C. calceolus*. Данные, полученные в результате исследования, переданы в дирекцию национального парка «Паанаярви» для дальнейшего использования.

Influence of growing conditions on the chlorophyll index of *Cypripedium calceolus* L. in the Paanajarvi National Park (Republic of Karelia)

Drogunova D. *, Starodubtseva A.

Petrozavodsk State University, Department of Botany and Plant Physiology, Petrozavodsk

* e-mail: dariadrogunova@mail.ru

Cypripedium calceolus L. (Orchidaceae) is rare and protected in Russia. Research on the coenopopulation of *C. calceolus* L. was conducted at the Paanajärvi National Park in late June 2025. Two phytocoenoses with different light conditions were described where *C. calceolus* grows, and the amount of photosynthetic pigments in the leaves of *C. calceolus* was determined.

Функциональные признаки и стратегии растений Хибин

Полошевец Т.В.*

Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН, Апатиты
* e-mail: po.taya@yandex.ru

Функциональные признаки растений отражают приспособленность растений к условиям окружающей среды. Климат Хибин характеризуется низкими среднегодовыми температурами, коротким вегетационным периодом, большим количеством осадков. Для растений Хибин мы собрали набор данных по функциональным признакам листьев, вегетативной высоте и CSR-стратегиям (конкуренты – стресс-толеранты – рудералы). Целью исследования было измерить функциональные признаки и рассчитать стратегии наиболее распространенных видов растений Хибин и оценить их разнообразие. Работа проведена на территории Полярно-альпийского ботанического сада, в окрестностях горы Вудъяврчорр.

По данным из 200 геоботанических описаний, сделанных на территории Хибин в разных высотных поясах, были выбраны наиболее часто встречающиеся виды. Для более чем 100 видов были измерены такие функциональные признаки как: площадь листа, масса водонасыщенного листа, масса сухого листа, а также высота растения. Были рассчитаны удельная листовая поверхность, содержание сухого вещества в листе и CSR-стратегии. При анализе признаков виды были разделены на группы: разнотравье, злаки, плауны, хвощи, папоротники, кустарнички, кустарники, деревья. Наибольшее разнообразие по признакам показала группа разнотравье. Так, например, с наименьшей площадью листа в эту группу входила *Silene acaulis* (4 мм²), а с наибольшей — *Angelica archangelica* (155151 мм²). Самые мелкие листья среди кустарничков были у *Harrimanella hypnoides*, крупные в этой группе — *Salix reticulata*, злаков — *Festuca ovina* и *Millium effusum* соответственно. Несмотря на то, что часть видов была собрана в нижнем горном поясе, большинство видов относились к стресс-толерантной или рудеральной стратегии. Наиболее конкурентными видами были *Angelica archangelica* (С-77 %), *Cirsium heterophyllum* (С-60 %), *Cicerbita alpina* (59 %), *Geum rivale* (58 %). 100 %-стресс-толерантами оказались *Cassiope tetragona*, *Diapensia lapponica*, *Juniperus sibirica*, *Kalmia procumbens*, *Phyllodoce coerulea*, что характерно для аркто-альпийских кустарничков, которые обитают в суровых условиях среды. Наиболее рудеральными (R более 90 %) из исследованных видов были *Euphrasia frigida*, *Epilobium alpinum*, *Omalotheca supina*, *Cardamine bellidifolia*. Центральное положение (близкие к 33–33–33 %) занимали *Solidago lapponica*, *Salix caprea*, *Rubus chamaemorus*.

Functional traits and strategies of plants in the Khibiny

Poloshevets T.*

Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of Kola Scientific Centre RAS, Apatity
* e-mail: po.taya@yandex.ru

Across more than 100 Khibiny vascular plant species, we measured leaf area, fresh and dry mass and height, derived SLA, LDMC and CSR-strategies, and compared life-form groups. Forbs showed greatest trait diversity. Most species were stress-tolerant or ruderal. Competitive leader was *Angelica archangelica*; pure Stress-tolerant included *Cassiope tetragona*; Ruderal — *Euphrasia frigida*.

Сравнительный анализ биохимического состава бурых и красных нитчатых водорослей Арктического региона (Белое море)

Замяткина Е.Б.^{1*}, Яньшин Н.А.¹, Попова А.Д.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физиологии и биохимии растений, Санкт-Петербург

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург

* e-mail: lizatekna@mail.ru

Альгоценозы нижней литорали — верхней сублиторали Белого моря включают в себя большое количество нитчатых водорослей порядков Ectocarpales (Phaeophyceae) и Ceramiales (Rhodophyta). Хотя многие представители этих групп организмов сходны по морфологии и экологии, они имеют разное происхождение и филогенетически отстоят друг от друга очень далеко. Сравнительный биохимический анализ таких объектов интересен с точки зрения хемотаксономии и эволюционной биохимии водорослей. Целью данной работы стало сравнение биохимического состава (в частности, содержания пигментов и фенольных соединений) 12 видов нитчатых водорослей пор. Ectocarpales и Ceramiales.

Объекты (*Ectocarpus siliculosus*, *Dictyosiphon hippuroides*, *Dictyosiphon chordaria*, *Stictyosiphon subarticulatus*, *Elachista fucicola*, *Pylaiella littoralis* (Ectocarpales); *Vertebrata fucoides*, *Savoiea arctica*, *Ceramium virgatum*, *Polysiphonia stricta*, *Rhodomela confervoides*, *Rhodomela lycopodioides* (Ceramiales)) были собраны в районе Керетского архипелага Белого моря в период 1–10 июля 2024–2025 гг. В талломах водорослей было определено содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов, каротиноидов) и фенольных соединений. Анализы были проведены в 9–12 биологических повторностях, приводятся средние арифметические значения величин и стандартные ошибки среднего.

Результаты показали, что бурые водоросли отличались от красных более высоким содержанием фенольных соединений, которые у этих организмов представлены специфическими полимерами — флоротаннинами. Лидировала по этому показателю *E. fucicola* ($8,5 \pm 0,6$ % сух. массы), минимальные значения ($3 \pm 0,3$ %) получены для *S. subarticulatus*. Возможно, такой разброс значений связан со скрытой таксономической гетерогенностью порядка Эктокарпусовые. В талломах исследованных красных водорослей содержание фенольных соединений было в разы ниже, достигая максимума ($1,5\text{--}2$ % сух. массы) у *V. fucoides* и *S. arctica*, накапливающих низкомолекулярные бромированные фенолы. Минимальное содержание фенольных метаболитов было обнаружено у *C. virgatum* ($0,5 \pm 0,05$ %). По содержанию пигментов была получена противоположная картина: более высокие значения были характерны для церамиевых водорослей. Наибольшим содержанием пигментов отличались талломы *V. fucoides* ($0,7 \pm 0,05$ % сух. массы хлорофилла и $0,4 \pm 0,03$ % каротиноидов). Среди исследованных бурых водорослей сопоставимые значения были получены только для *D. hippuroides*. Полученные результаты демонстрируют некоторые закономерности в накоплении пигментов и фенольных соединений у нитчатых бурых и красных водорослей Белого моря, растущих на границе нижней литорали / сублиторали. Насколько нам известно, примерно для трети видов эти биохимические параметры определены впервые. Несмотря на морфологическое и экологическое сходство объектов, изученные нами характеристики метаболизма водорослей сохраняют четкую таксономическую специфичность. В перспективе наши данные могут служить основой как для хемотаксономических, так и прикладных исследований беломорских макрофитов.

Проект выполняется при поддержке РНФ (грант № 25-24-00114).

Comparative analysis of the biochemical composition of brown and red filamentous algae from the Arctic region (the White Sea)

Zamyatkina E.^{1*}, Yanshin N.¹, Popova A.¹, Tarakhovskaya E.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Plant Physiology and Biochemistry, Saint Petersburg

² Vavilov Institute of General Genetics, Saint Petersburg Branch, RAS, Saint Petersburg

* e-mail: lizatekna@mail.ru

We compared the biochemical composition of brown and red filamentous algae from the White Sea coast. It was found that brown algae accumulate higher amounts of phenolic compounds while rhodophytes have a higher content of photosynthetic pigments. Our data reveal specificity of biochemical composition in morphologically similar algal taxa.

Изменение профиля фенольных метаболитов *Vertebrata fucoides* (Ceramiales) и *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales) в зависимости от солености воды

Яньшин Н.А.^{1*}, Замяткина Е.Б.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физиологии и биохимии растений, Санкт-Петербург

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург

* e-mail: kolya1256@gmail.com

Соленость воды — один из ключевых гидрохимических параметров, значения которого в прибрежной зоне морей подвержены значительным флуктуациям под влиянием приливного цикла, объема речного стока, интенсивности осадков и испарения. Так, амплитуда сезонных колебаний солености в поверхностных водах бассейна Белого моря достигает 27 ‰ (Бабков, 1998).

В основе механизмов адаптации водорослей к колебаниям солености лежат изменения их биохимического состава, в частности содержания и профиля вторичных метаболитов, таких как фенольные соединения. Среди беломорских красных водорослей выделяются два вида, отличающиеся особенно высоким содержанием и разнообразием метаболитов фенольной природы: *Vertebrata fucoides* (Ceramiales) и *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales). Для *V. fucoides* характерно накопление галогенированных фенольных соединений (моно- и дибромфенолов), а *F. lumbricalis* отличается высоким содержанием фенольных кислот и фенилпропаноидов. Целью данной работы явилось исследование влияния солености морской воды на содержание и профиль фенольных метаболитов этих двух видов водорослей.

Талломы *V. fucoides* и *F. lumbricalis*, собранные в районе Керетского архипелага Белого моря с глубины 0,5–4 м, в течение 7 суток выдерживали в воде с нормальной (25 ‰), пониженной (12,5 ‰) и повышенной (37,5 ‰) соленостью, после чего исследовали содержание и профиль их фенольных метаболитов с помощью спектрофотометрических методов, а также газовой хроматографии – масс-спектрометрии.

Общее содержание фенольных соединений в расчете на сухую массу в талломах обоих видов водорослей при снижении солености воды уменьшалось в среднем на 20 % по сравнению с контролем. При повышении солености в талломах *F. lumbricalis* наблюдалась такая же реакция, однако клетки *V. fucoides*, напротив, накапливали фенольные метаболиты. Результаты метаболомного профайлинга показали изменение фенольного профиля обеих водорослей в ответ на изменение солености воды. В клетках *F. lumbricalis* при изменении солености снижалось содержание ряда фенольных кислот (кумаровой, гидроксикоричной и др.), что может объясняться общим торможением процессов вторичного метаболизма при физиологическом стрессе. В клетках *V. fucoides* повышение солености воды стимулировало накопление некоторых дибромфенолов (метил-ланозола и др.). Повышение содержания фенольных соединений в гиперосмотической среде ранее было показано и у водорослей, и у наземных растений: предполагается, что эти метаболиты участвуют в поддержании ионного баланса клеток при осмотическом стрессе. Также, фенольные соединения обладают антиоксидантными свойствами, и их накопление может предотвращать развитие окислительного стресса, вызванного повышением солености. Наши данные позволяют предположить, что бромфенолы церамиевых водорослей являются более эффективными защитными метаболитами, чем фенольные кислоты, характерные для *F. lumbricalis*.

Проект выполняется при поддержке РФФИ (грант № 25-24-00114).

Changes in the profile of phenolic metabolites in *Vertebrata fucoides* (Ceramiales) and *Furcellaria lumbricalis* (Gigartinales) depending on water salinity

Yanshin N.^{1*}, Zamyatkina E.¹, Tarakhovskaya E.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Plant Physiology and Biochemistry, Saint Petersburg

² Vavilov Institute of General Genetics RAS, Saint Petersburg Branch, Saint Petersburg

* e-mail: kolya1256@gmail.com

We studied changes in the profiles of phenolic compounds of typical ceramialean and gigartinean algae (Rhodophyta) after exposure to low and increased water salinity. The results showed different patterns of changes in the phenolics content in the cells of the studied algae as an adaptation to increased salinity.

Анализ растительных сообществ северной лесотундры на основе видового богатства и обилия видов

Котлярчук Е.А.^{1,2}*

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, лаборатория динамики растительного покрова Арктики, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра геоботаники и экологии растений, Санкт-Петербург

* e-mail: zhen.kotl@gmail.com

Метод анализа ценофлор основывается на оценке экологических, географических и биоморфологических характеристик таксонов. Их соотношение позволяет выявить основные параметры местообитаний. Однако данный подход учитывает лишь присутствие таксонов и не отражает вклад в формирование структуры фитоценозов.

Целью работы стало изучение растительных сообществ северной лесотундры Большеземельской тундры по экологическим, географическим и биоморфологическим характеристикам таксонов сосудистых растений двумя методами. Первый основан на оценке доли числа таксонов каждой группы в их общем числе. Второй — доли проективного покрытия представителей таксонов в суммарном проективном покрытии. Работы проведены в бассейне р. Лая. Геоботанические описания (81) выполнены и классифицированы методом Браун-Бланке.

Экологический анализ показал, что в тундровых и кустарниковых сообществах по числу таксонов преобладают мезофиты, однако при учете проективного покрытия возрастает доля эвритопов. В пойменных ивняках и лугах мезофиты преобладают по числу видов и проективному покрытию. Аналогичная картина с гигрофитами в топяных и гидро- и гидрофитами в прибрежно-водных сообществах.

При широтном анализе показано, что в зональных тундровых сообществах по числу таксонов преобладают гипоарктический элемент, по покрытию — бореальный. Обратная ситуация в древесных и болотных сообществах. В ивовых, луговых и прибрежно-водных сообществах по числу и проективному покрытию преобладают таксоны бореальной фракции.

Долготный анализ показал, что при учете проективного покрытия в большинстве фитоценозов увеличивается доля амфиатлантического и/или азиатского элемента за счет доминирующих видов. исключением являются сообщества пойменных ивняков и лугов, где по числу видов и по покрытию преобладают виды евразийской фракции. В прибрежно-водных сообществах при оценке обоими методами преобладает доля циркумполярной фракции.

При анализе жизненных форм показано, что в тундровых сообществах на кустарники и кустарнички приходится наибольшая доля видов, однако они являются доминантами по проективному покрытию. В древесных сообществах 2 вида деревьев и кустарники имеют наибольшую долю в покрытии. В пойменных ивняках при учете покрытия возрастает доля кустарников, однако сохраняется преобладание трав. В ивняках вне поймы покрытие кустарников проявляется особенно отчетливо. В луговых и прибрежно-водных сообществах травы преобладают по числу видов и проективному покрытию.

Таким образом, в северной лесотундре в сообществах зачастую доминируют группы, имеющие низкую долю во флористическом списке. Таксоны в их составе часто имеют более узкий ареал и широкую экологическую приуроченность. Комплексное применение двух методов позволяет на основе состава и структуры фитоценозов дать более полную оценку условий различных местообитаний.

Analysis of plant communities in the northern forest tundra using species-based and cover-based approaches

Kotlyarchuk E.^{1,2}

¹ Komarov Botanical Institute RAS, Laboratory of Dynamics of the Arctic Vegetation Cover, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Geobotany and Plant Ecology, Saint Petersburg

e-mail: zhen.kotl@gmail.com

Analyzing northern forest tundra plant communities using both species-based and cover-based approaches revealed differences in identifying prevailing groups. Many communities are dominated by groups with few species but broad ecological tolerance and more narrow ranges. Combining both methods improves assessments of habitat conditions and phytocoenosis structure.

The diatom component of microphytobenthic community of Barents and Kara seas

Filippova A.^{1,2*}

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Shirshov Institute of Oceanology, Moscow

*e-mail: filippovaantonia@gmail.com

The ocean's euphotic zone's lower boundary of which accounts for 1 % of the total amount of light reaching the water's surface has been established theoretically. However, it is already known that photosynthesis also occurs in the mesophotic zone, with an abstract minimum amount of light — 0.01 $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$. In my work, I try and describe the diatom component of microphytobenthos from the bottom of the Kara and Barents Seas (depths from 30 to 550 meters). The complexity of this work lies, among other things, in the fact that, for the most part, my study is the first description of the bottom microflora of the Kara Sea.

The goal of my work is to study the species composition of diatoms in the Kara and Barents Seas, as well as to compare their biomass with the amount of chlorophyll and the amount of light reaching these regions.

Samples were collected during the 95th expedition of the RAS Institute of Oceanology's "Akademik Mstislav Keldysh" in June–July 2024, during the Arctic "spring". A total of 24 1-centimeter layer samples were collected. The soil was collected using a multicorer, while the surface layer was sampled using a graduated piston mechanism. The samples were initially analyzed on board and then fixed in 4 % formalin. For initial preparation, the samples were sonicated, filtered, and diluted with distilled water. A Nageotte chamber was used for cell counting; three chambers of each sample were counted. Data on chlorophyll content and illumination were provided by IO RAS staff members N.A. Belyaev and D.N. Deryagin.

The following conclusions were reached as a result of the study:

1. On average, approximately 140,000 algal cells were found in a 1-centimeter layer of sediment, with 78 species identified, the majority of which were pennate.

2. Biomass amount is directly correlated with illumination, with chlorophyll-containing cells appearing at a minimum illumination of 0.03–0.05 $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$, which roughly corresponds to the absolute minimum value for photosynthesis.

3. The biomass of benthic diatoms has not yet been directly linked to the chlorophyll content of sediment at the same layers. This discrepancy can be explained by the impossibility of reliably extrapolating the amount of chlorophyll within the chloroplasts of benthic algae from their volume, as can be done with pelagic algae.

Thus, this study provides a better understanding of diatom biodiversity and points to a direction for further research in this area.

Морские губки — токсичные соседи: миф или реальность? Влияние *Halichondria panicea* (Porifera: Demospongiae) на формирование сообществ обрастания в Белом море

Манойлина П.А.^{1*}, Комендантов А.Ю.¹, Шапошникова Т.Г.², Халаман В.В.¹

¹ Зоологический институт РАН, Беломорская биологическая станция

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра цитологии и гистологии, Санкт-Петербург

* e-mail: polinamanoilina@yandex.ru

Морские губки играют важную роль в прибрежных экосистемах как организмы-фильтраторы и структурные элементы сообществ. Беломорская губка *Halichondria panicea* обладает высокой конкурентоспособностью благодаря быстрому росту, зарастанию соседних организмов и продукции биоактивных соединений, которые могут ингибировать оседание, рост и развитие других видов. Эти свойства формируют представление о губках как о «токсичных конкурентах», способных доминировать на доступном субстрате и определять структуру сообществ. Ранее было показано, что *Halichondria panicea* существенно влияет на бентосные сообщества Белого моря при длительной экспозиции субстратов (Khalaman, Komendantov, 2011).

Цель этой работы — оценить влияние *Halichondria panicea* на формирование сообществ обрастания.

Для решения этой задачи в 2023–2024 гг. был проведен полевой эксперимент на полигоне Беломорской биостанции ЗИН РАН «Картеш» в бухте Круглая, губа Чупа. Фрагменты *H. Panicea* были собраны с искусственных субстратов в бухтах Круглая и Кривозерская. Экспериментальные планшеты представляли собой полиэтиленовые рамки с натянутой ситовой тканью; на центр экспериментального планшета помещали фрагмент губки размером 4×4 см, тогда как контрольные оставались без губки. Всего было подготовлено 24 установки (12 контрольных и 12 экспериментальных), размещенных на глубинах 1,5 и 5 м. Экспонирование продолжалось 13 месяцев, после чего проводились определение видового состава, количественный учет и взвешивание организмов обрастания.

Анализ данных с применением методов многомерной статистики (PERMANOVA) в среде R показал, что присутствие *H. panicea* на планшете не оказывало достоверного влияния на структуру формирующегося сообщества по биомассе. Корреляций между площадью или биомассой губки и биомассой обрастания также не выявлено. Вместе с тем, был произведен анализ биомасс отдельных видов для каждой глубины. Различия между контрольными и экспериментальными планшетами проверялись t-тестом или Манна–Уитни при несоблюдении предпосылок. Так, на глубине 5 м было отмечено влияние губки на отдельные виды: повышалась биомасса двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* и амфиподы *Gammarus oceanicus*, а для амфиподы *Crassikorophium bonelli* и голожаберного моллюска *Coryphella verrucosa* эффект был отрицательным.

Таким образом, в течение первого года формирования сообществ влияние *Halichondria panicea* на бентосные сообщества остается слабовыраженным. Несмотря на отдельные видоспецифические эффекты, губка не изменяет общую структуру сообщества, суммарную биомассу или распределение доминирующих видов в течение первого года формирования обрастания.

Проект выполняется при поддержке гос. задания № 125012800889-2

Marine sponges as “toxic neighbors”: myth or reality? The effect of *Halichondria panicea* (Porifera: Demospongiae) on fouling-community formation in the White Sea

Manoylina P.^{1*}, Shaposhnikova T.², Komendantov A.¹, Khalaman V.¹

¹ Zoological Institute RAS, White Sea Biological Station

² Saint Petersburg State University, Department of Cytology and Histology, Saint Petersburg

* e-mail: polinamanoilina@yandex.ru

We investigated whether the sponge *Halichondria panicea* affects early fouling-community development in the White Sea. A year-long field experiment showed no impact on total biomass or community structure, though species-specific effects occurred at 5 m depth. Overall, the sponge did not alter early successional community formation.

Особенности репродуктивной экологии мидий *Mytilus edulis* L. и *M. trossulus* Gould в летний период в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)

Усипбекова Я.Г. *, Зеленников О.В., Герасимова А.В., Марченко Ю.Т.

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии, Санкт-Петербург

* e-mail: usipbekovaana@gmail.com

Долгое время считалось, что в Белом море обитает один вид мидий — *Mytilus edulis* (ME), однако в начале 2000-х годов был обнаружен инвазивный вид — *M. trossulus* (MT). Вероятнее всего, MT проник в Белое море из западной Атлантики в середине прошлого века, с военными конвоями. Известно, что сейчас MT вполне хорошо чувствует себя в Белом море, его обилие возрастает и он все шире распространяется. Однако до сих пор нет однозначного мнения насчет того, что именно способствует успеху инвазии MT. Мы решили поискать ответ на этот вопрос в области репродуктивной экологии, и сравнили ход гаметогенеза и размерные характеристики ооцитов у совместно обитающих беломорских мидий ME и MT.

Материал был собран на каменистой литорали о. Матренин, где находится смешанное поселение мидий. ME и MT имеют ряд экологических и морфологических особенностей, которые мы учитывали при сборе материала: предпочитаемый субстрат (грунт у ME, фукоиды у MT) и морфотип (Т-морфотип у MT, Е-морфотип — у ME). Сбор проводили с июня по сентябрь 2023 года с периодичностью 7–14 дней. В каждую из восьми съемок отбирали по 16 половозрелых особей каждого морфотипа. Ткани моллюсков фиксировали для генетического и гистологического анализов. Стадии зрелости гонад определяли по шкале, ранее используемой Н.В. Максимовичем (1985). Ооциты измеряли у особей, находящихся на стадиях зрелости активный гаметогенез и преднерестовое состояние при увеличении $\times 40$, используя программу ImageJ.

Первые особи в состоянии частичного нереста у обоих видов были обнаружены в середине июня при температуре воды $+10$ °С. ME в массе в таком состоянии были отмечены в конце июня, а с середины июля доминировали особи на стадии полного вымета гамет и в посленерестовом состоянии. У MT с конца июня по конец июля большинство особей были в состоянии частичного нереста, а со второй половины августа - на стадии полного вымета гамет и в посленерестовом состоянии. Таким образом, активный нерест у ME длился не больше 2-х недель, в то время как у MT — по меньшей мере месяц. Размерные характеристики ооцитов у MT оказались достоверно (процедура Post-hock, тест Тьюки) больше, чем у ME, а у гибридов не обнаружено статистически значимых отличий сравниваемых показателей ооцитов в отношении обоих видов. Например, средний диаметр ооцитов составил $44,6 \pm 0,5$ (ME), $47,0 \pm 0,5$ (MT) и $45,8 \pm 0,8$ (гибриды) мкм.

Мы предполагаем, что выявленные особенности репродуктивной экологии инвазивного вида (длительный нерест и крупные ооциты) могут способствовать успеху воспроизводства его популяции в крайне нестабильных климатических и гидрологических условиях прибрежной зоны Белого моря.

Features of the reproductive ecology of blue mussels *Mytilus edulis* L. and *M. trossulus* Gould in the summer in the Keret' Archipelago (Kandalaksha Bay, White Sea)

Ussipbekova Y. *, Zelennikov O., Gerasimova A., Marchenko J.

Saint Petersburg State University, Department of Ichthyology and Hydrobiology, Saint Petersburg

* e-mail: usipbekovaana@gmail.com

We studied some features of the reproductive ecology of *M. edulis* and *M. trossulus* by comparing their gametogenesis cycle during the summer season. Longer spawning of *M. trossulus* under unstable climatic and hydrological conditions in the White Sea may contribute to the successful reproduction of the invasive species' population.

Характеристика сообщества пелагического зоопланктона Ладожского озера по результатам ежегодной экспедиции на судне Посейдон в июле 2025 года

Крутинская А.А. *, Смирнова К.А., Дудакова Д.С.

Институт озерадения РАН — Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук

* e-mail: akrutinskaya@mail.ru

В настоящем исследовании приводятся результаты изучения структуры планктонного сообщества пелагиали Ладожского озера по данным пробоотбора лета 2025 года.

Пробы зоопланктона на открытых участках Ладоги отбирали в конце июня-начале июля с помощью средней модели сети Джеди на семи станциях с глубинами от 8 до 88 м; облавливали горизонты ‘поверхность – 10 м’ и ‘10 м – дно’ (за 10 м условно принята граница между эпи- и гипolimнионом). Пробы фиксировали 4% раствором формалина, камеральную обработку проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам, определение организмов осуществляли до наименьшего возможного таксона.

Всего на исследованных станциях открытой акватории Ладожского озера в первой половине лета было обнаружено 30 таксонов: Rotifera — 9, Cladocera — 8, Copepoda — 12, Mysidae — 1; доминирующими среди них были коловратки *Asplanchna priodonta* и *Kellicottia longispina*, ветвистоусые ракообразные *Bosmina (E.) coregoni*, веслоногие ракообразные *Eudiaptomus gracilis* и *Thermocyclops oithonoides*, копеподитные и науплиальные стадии веслоногих ракообразных. Показатели обилия зоопланктона по сравнению с данными исследований прошлых лет невысокие, что можно объяснить низкой температурой воздуха и сдвигом сроков пробоотбора (в работах предшественников исследования проводили на месяц позже – в конце июля-начале августа в период пика численности зоопланктона). Наибольшая численность в поверхностном слое составляла 87 экз/м³, а наименьшая — 8 экз/м³; в придонном — 8 экз/м³ и 0,03 экз/м³ соответственно. Максимум и минимум биомассы зоопланктона в поверхностном слое имели значения 1,2 г/м³ и 0,11 г/м³, а в придонном — 0,15 г/м³ и 0,0005 г/м³ соответственно. Согласно индексу сапробности Пантле-Букка качество вод в открытой акватории Ладоги можно отнести к категории чистых: значения индекса не превышали 1,5. Максимальное значение индекса сапробности 1,488 наблюдали на станции недалеко от зоны воздействия Питкярантского ЦБК в поверхностном горизонте.

В целом по всем исследованным станциям пелагиали Ладожского озера можно сделать вывод, что в 2025 г в период проведения исследований большая часть животных была сосредоточена в верхнем слое воды, основной вклад в формирование численности вносили ювенильные формы, что типично для начала лета (Андроникова, 1996). Значения индекса сапробности показывают, что воды открытой части Ладоги в целом не подвержены антропогенному загрязнению.

Characteristics of the pelagic zooplankton community of Ladoga Lake based on the results of the annual expedition on the Poseidon vessel in July 2025

Krutinskaya A.A. *, Smirnova K.A., Dudakova D.S.

Institute of Limnology RAS — St. Petersburg Federal Research Center RAS

* e-mail: akrutinskaya@mail.ru

We studied the zooplankton community in the pelagic parts of Ladoga lake. Most of the zooplankton was concentrated in upper water layer. Juvenile stages of crustaceans contributed the most to abundance and biomass values, which is typical for early summer. The values of the corresponding index show that the waters of the open part of Ladoga aren't polluted.

Новые данные по морфологии и питанию арктических гольцов *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758) на о. Большевик (архипелаг Северная Земля)

Серебрицкая К.И.^{1,2*}

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, кафедра водных биоресурсов и аквакультуры, Санкт-Петербург

² Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

* e-mail: katarina.serebritskaya@mail.ru

Арктические гольцы — циркумполярная группа лососевых рыб, способная образовывать различные экологические формы. В водоемах южной части о. Большевик архипелага Северная Земля ранее было описано наличие популяций карликовых и крупных форм гольца (Алексеев, 2003), а на севере острова были ранее только отмечены в озере Твердое, но не описаны подробно (Чернова, 2021). Данная работа дополняет имеющуюся информацию о гольцах озера Твердое и впервые дает описание их питания.

Озеро Твердое является олиготрофным, площадь зеркала составляет 0,67 км², объем озера — 3,18 млн м³, площадь водосбора — 3,36 км², максимальная глубина 10,07 м, средняя — 5,6 м; длина береговой линии — 3,329 км. Большую часть года оно покрыто льдом, полное вскрытие ото льда происходит только эпизодически в летний период.

Материал собран в весенне-летний период в 2023 г. (5 особей) и 2025 г. (3 особи) крючковым ловом, в ясную погоду. После отлова гольцы фиксировались 4 % формалином, в камеральных условиях проходили полный биологический анализ и анализ пищевого комка, изъятых из желудков рыб.

В озере обитают параллельно как карликовая, так и крупная форма гольца. У экземпляров обеих форм отмечено заражение цестодами рода *Proteocephalus*. Возраст рыб составил 5+–7+ лет. Размеры карликов колебались от 13,3 до 16,3 (14,9) см, вес — от 19,9 до 36 (27,6) г; длина крупной формы — 26,4 см, вес — 139,78 г. Жирность рыб небольшая или вовсе отсутствовала — оценена на 0–2 балла. Желудки рыб независимо от месяца вылова были наполнены на 3–4 балла. Упитанность карликов по Фультону составила 0,944–1,53, крупной формы — 1,063. Крупные гольцы по типу питания являются каннибалами, карликовые генерации — бентофагами, предположительно — специализированными: отмечена высокая селективность в питании, 98–100 % пищевого комка составили личинки комаров-звонцов *Heterotrissocladius subpilosus* (Kieffer, 1911), также в комке присутствовали в незначительном количестве гарпактициды *Attheyella nordenskioldii* (Lilljeborg, 1902), захваченные рыбами, видимо, случайно. Для точного определения причин ограниченности спектра питания требуются дополнительные исследования кормовой базы гольца во время ледостава на оз. Твердое.

Финансирование работ проводилось за счет бюджетных ассигнований ФГБУ «АНИИ» в рамках темы 5.1.4 НИТР Росгидромета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

New data on morphology and food of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758) of Bolshevik Island (Severnaya Zemlya Archipelago)

Serebritskaya K.^{1,2*}

¹ Russian State Hydrometeorological University, Department of Water Bioresources and Aquaculture, Saint Petersburg

² Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg

* e-mail: katarina.serebritskaya@mail.ru

The objects of study are Arctic charrs found in the lake Tverdoye in north of Bolshevik Island. We found two groups of fishes: small and large charrs. They differ in size and feeding habits. Small charrs are benthophages that prefer chironomid larvae, large charrs are cannibal-carnivores.

Биота беломорских лагун

Цуканова К.Н.^{1*}, Иванов М.В.¹, Полякова Н.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии, Санкт-Петербург

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва

* e-mail: tsukanovaksenia03@gmail.com

Частое явление по берегам морей и океанов — лагуны, водоемы, частично изолированные от основной морской акватории барьером (порогом). Они представляют собой транзитные зоны между пресноводными и морскими экосистемами, поскольку у них все еще сохраняется связь с морем, однако существенный вклад в гидрологию водоема начинает вносить пресноводный сток (Столяров, 2017). По берегам Белого моря благодаря непрерывному гляциоизостатическому поднятию суши, сильно изрезанной береговой линией и сложному рельефу дна формируются благоприятные условия для отчленения водоемов. В результате, изучая лагуны в градиенте изоляции от моря, мы можем проследить сукцессионные процессы, происходящие на пути от морского залива к озеру.

Мы исследовали лагуны Кандалакшского залива Белого моря в августе 2024 г. На основе высот порогов были отобраны пять водоемов, выстроенных в градиент увеличения степени изоляции от моря: лагуны Колюшковая, Кив, Воронья, Амазона и Суханов. Режим пробоотбора в каждой лагуне включал в себя: сбор количественных проб зоопланктона, макрозообентоса, рыб, картирование зарастания макрофитами и измерение ряда физических характеристик воды.

Для большинства лагун характерна гомотермия и полное перемешивание водной толщи. Исключение составила наиболее изолированная лагуна, где поверхностный слой был значительно опреснен. Несмотря на схожие температуру и соленость водоемов, увеличение отчлененности лагун от моря, сопровождающееся уменьшением приливно-отливной амплитуды и интенсивности водообмена, приводит к следующим изменениям биоты внутри лагун: 1) Происходит постепенное изменение сообществ, от сестонофагов, тяготеющих к крупным фракциям грунта, к детритофагам, предпочитающим илистые грунты. Видовое разнообразие, оцененное индексом Шеннона, уменьшается в два раза от наименее к наиболее изолированным лагунам из-за роста степени доминирования. При этом главным компонентом макрозообентоса, определяющим различия между лагунами, являются моллюски. 2) В наиболее отчлененных лагунах характерна высокая численность прибрежной копеподы *A. bifilosa*, доля которой может достигать 90 % от общего обилия зоопланктона. Внутри лагун молодь зоопланктонных организмов в статистически значимых (Вилкоксон, $p = 0,042$) количествах концентрируется в тихих, хорошо прогретых прибрежных мелководьях. 3) Повышается доля зарастания нитчатými водорослями до 30–40 % площади водоема. 4) В лагунах, по сравнению с побережьем моря, видовой состав рыб практически лишен своих самых массовых и хищных представителей – трески, керчака и наваги. В отличие от морских прибрежных биотопов, в лагунах массовыми видами являются полярная и речная камбалы, сельдь и рогатка.

Исследование поддержано инициативным проектом СПбГУ «На пути от морского залива к пресному озеру - особенности биоты беломорских лагун»

Biota of the White Sea lagoons

Tsukanova K.^{1*}, Ivanov M.¹, Polyakova N.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Ichthyology and Hydrobiology Department, Saint Petersburg

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow

* e-mail: tsukanovaksenia03@gmail.com

We studied changes in lagoons biota in response to increasing isolation from the sea.

Об организации макробентоса в условиях литорали губы Чупа (по результатам съемки 90-х годов)

Бабин М.А. *, Тимофеева М.А., Стодольская А.Н., Филиппова Н.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии, Санкт-Петербург

* e-mail: lord.babinton@gmail.com

В период 1987–1990 гг. кафедрой ихтиологии и гидробиологии была проведена съемка литорали губы Чупа (Белое море) для анализа динамики макробентоса, а описание структуры сообществ служило только характеристикой биотического окружения. Ее изучение позволяет выявить особенности, проследить изменения и прогнозировать дальнейшую динамику. При этом литораль как пограничная зона наиболее подвержена изменениям.

Сбор материала проводился в конце июня–начале июня 1987 и 1990 гг. на илисто-песчаных (участки 1, 3) и каменистых (участки 2, 4) грунтах, отдельно в среднем (СГЛ), нижнем (НГЛ) горизонтах литорали и в верхней сублиторали (ВСЛ) (далее – станции). Материал отбирали с использованием пирамиды выборочных площадок (0,01–1 м²), по 3–10 повторностей на станцию. Определяли видовой состав, численность и биомассу отдельных таксонов. Для анализа использовали кластерный анализ, многомерное шкалирование, тесты ANOSIM, SIMPER, ISA и индекс M-AMBI.

Результаты ANOSIM показали, что сообщества достоверно различаются по типам грунта, но не между участками ($p < 0,05$ для численности и биомассы). По данным SIMPER все таксоны вносят сравнительно одинаковый вклад в различие между участками (2–5 %). Определены характерные виды для каждого участка ($p < 0,05$): по численности — *Heteromastus filiformis*, *Hydrobia* sp., *Macoma balthica* (участок 1, IndVal > 33,82 %), *Acarina*, *Maldanidae* g.sp. (участок 2, IndVal > 53,2 %), *Fabricia sabella*, *Halicriptus spinulosus*, *Oligochaeta* g.sp. и *Tendipedidae* g.sp. (участок 3, IndVal > 32,7 %), *Amphipoda* var., *Littorina obtusata*, *Mytilus edulis*, *Semibalanus balanoides* (участок 4, IndVal > 39,12 %); по биомассе — *Arenicola marina*, *H. filiformis*, *Scoloplos armiger* (участок 1, IndVal > 57,89 %), *Acarina*, *Chorda filum*, *L. obtusata*, *Maldanidae* g.sp., *M. edulis*, *Palmaria palmata*, *Polyides rotundus* (участок 2, IndVal > 33,31 %), *F. sabella*, *H. spinulosus*, *Hydrobia* sp., *M. balthica*, *M. arenaria*, *Oligochaeta* g.sp., *Plantago aquatica*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Tendipedidae* g.sp., *Zostera marina* (участок 3, IndVal > 47,09 %), *Fucus distichus*, *S. balanoides* (участок 4, IndVal > 61,52 %). Кластерный анализ показал высокое сходство СГЛ и НГЛ по численности на каждом из участков (81–88 %), по биомассе — только на участках 2 и 3 (89–99 %). Индекс M-AMBI показывает экологическое состояние исследуемых сообществ как «хорошее» (участки 1–3) и «умеренное» (участок 4) на момент съемки.

Достоверные различия структуры сообществ макробентоса зависят от типа грунта. При этом различие в структуре между горизонтами литорали на момент съемки недостаточно.

The organization of the littoral communities of the macrobenthos of the Chupa Bay on the results of the survey of the 90s

Babin M. *, Timofeeva M., Stodolskaya A., Filippova N.

Saint Petersburg State University, Department of Ichthyology and Hydrobiology, Saint Petersburg

* e-mail: lord.babinton@gmail.com

We studied the structure of benthic communities in the littoral zone of Chupa Bay from 1987 till 1990. The results of the statistical analysis confirmed the differences in the structure of macrobenthos communities depending on the type of soil. We have identified typical species and their contribution to differences in community structure.

Количественная характеристика зоопланктона в нагульном районе гренландского кита (*Balaena mysticetus*) (Ульбанский залив, Охотское море) в летний период 2025 г.

Галиева А.Р.^{1*}, Новиков А.А.¹, Славина М.Д.², Морозова М.В.², Чертопруд Е.С.²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, кафедра зоологии и общей биологии, Казань

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

* e-mail: Aguleg@mail.ru

Охотоморская популяция гренландского кита *Balaena mysticetus* Linnaeus, 1758 представляет собой исторически изолированную группу (Ivashchenko, Clapham, 2010). Китов регулярно встречают как в северной части Охотского моря, так и на юго-западе, особенно в заливе Академии и примыкающим к нему заливам Николая и Ульбанском (Славина и др., 2024). Наблюдения в этом регионе показывают, что животные приходят в заливы для социализации и отдыха, а также для кормления (Шпак, Парамонов, 2015). Известно, что киты питаются разными видами зоопланктона, но большую часть их рациона составляют ракообразные — веслоногие (Copepoda) и эуфазиевые (Euphausiacea) (Lowry et al., 2004).

Целью данного исследования стал анализ распределения численности, а также описание видового состава зоопланктона Охотского моря в местах встречи гренландских китов. Материалом для работы послужили пробы, собранные в Ульбанском заливе Охотского моря в июле и августе 2025 года, а также пробы, собранные в местах кормления китов в заливе Николая в июле того же года. Анализ численности был проведен прямым подсчетом особей с использованием камеры Богорова и стереомикроскопа. Для видовой идентификации были использованы ключи и определители зоопланктона северных морей.

Зоопланктон был представлен не менее 12 макротаксонами, большая часть из которого — представители подклассов Copepoda и Cladocera. Были отмечены представители морских стрелок (Chaetognatha), бокоплавов (Amphipoda) и остракод (Ostracoda), а также личиночные стадии усоногих раков (Cirripedia), полихет (Polychaeta), десятиногих раков (Decapoda), брюхоногих моллюсков (Gastropoda). Доминирующим видом, как по численности, так и по биомассе оказался рачок *Acartia (Acartiura) clausii* Giesbrecht, 1889 (Copepoda, Calanoida), присутствовавший во всех пробах. Помимо него было идентифицировано еще 7 видов Calanoida, 4 вида Harpacticoida и 1 вид Cyclopoida. Кроме идентифицированных до вида половозрелых особей, в пробах присутствовали науплиальные и копеподитные стадии Copepoda, численность которых также была подсчитана. Euphausiacea в пробах найдены не были. Численность зоопланктона в Ульбанском заливе варьировала от 2181,27 до 25821,62 экз/м³, при медианном значении 7944,83 экз/м³, а в заливе Николая от 6419,24 до 22092,46 экз/м³, при медианном значении 13675,85 экз/м³.

Основываясь на полученных данных и предыдущих исследованиях (Славина и др., 2024), мы видим, что доминирование копепод в зоопланктоне заливов в летний период согласуется с литературными данными. Вероятно, копеподы представляют собой наиболее массовый кормовой таксон для китов в это время сезона.

Quantitative characteristics of zooplankton in the feeding area of the bowhead whale (*Balaena mysticetus*) (Ulban Bay, Sea of Okhotsk) in the summer of 2025

Galieva A.^{1*}, Novikov A.¹, Slavina M.², Morozova M.², Chertoprud E.²

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Department of Zoology and General Biology, Kazan

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

* e-mail: Aguleg@mail.ru

In this study, we examined the composition, distribution, and biomass of zooplankton as a food base for bowhead whales in the Sea of Okhotsk. Representatives of Copepoda and Cladocera dominated the samples. The results are consistent with earlier studies.

Состояние поселения *Macoma balthica* L. на отмели Северного Нагорного (акватория Мурманска, Кольский залив Баренцева моря) в 2005 и 2025 годах

Гизитдинова Л.Р.^{1*}, Басова Л.А.², Стрелков П.П.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии, Санкт-Петербург

² Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск

* e-mail: gizitdinova_lsn@gmail.com

Macoma balthica — обитатель илисто-песчаных отмелей Кольского залива Баренцева моря. В пределах г. Мурманска крупнейшая отмель находится в Северном Нагорном. На примере маком Нагорного были описаны аномалии замка раковин (т.е., отклонения от формулы замка), которые интерпретировались как тератогенезы и потенциальные маркеры антропогенного загрязнения (Ганцевич и др. 2005, 2016). Также отмечалось присутствие в экстрапаллиальной полости некоторых моллюсков трематод сем. Gymnophallidae, чьими окончательными хозяевами служат морские птицы. От этих работ остались количественные сборы (числовые данные и коллекции раковин) 2005 г. с разных горизонтов литорали. Целью нашего исследования было оценить изменения в поселениях маком за 20 лет на фоне улучшившейся экологической обстановки в акватории Мурманска, связанной с сокращением населения города.

В 2025 мы провели количественные сборы в тех же точках, что и в 2005 г., и единообразно обработали новые и старые коллекции. Поселения с разных горизонтов литорали охарактеризовали по плотности, возрастной структуре, скорости роста, частотам морф окраски и морфометрии (пропорции высоты, ширины и длины) раковин, частотам моллюсков с аномалиями и частотам моллюсков с трематодами в экстрапаллиальной полости.

За последние 20 лет маком стало значимо больше, их возрастная структура стала более «нормальной» (возросла доля молодых), а частота аномалий и доля зараженных особей существенно снизились. По другим признакам изменений не отмечено. Полученные данные не противоречат гипотезе об улучшении экологической ситуации в акватории Мурманска.

Благодаря высокому обилию маком в 2025, удалось надежно описать пространственные паттерны. С глубиной возрастала численность, доля зараженных и доля аномалий. Также, в отличие от 2005 г., выявлена положительная корреляция между частотой аномалий и зараженностью. Возможно, аномалии не всегда тератогенезы, а результат эрозии раковин, спровоцированной паразитами.

The state of *Macoma balthica* L. population on the shoal of Severnoye Nagornoe within Murmansk (Kola Bay of the Barents Sea) in 2005 and 2025

Gizitdinova L.^{1*}, Basova L.², Strelkov P.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Ichthyology and Hydrobiology, Saint Petersburg

² Murmansk Marine Biological Institute RAS, Murmansk

* e-mail: gizitdinova_lsn@gmail.com

We studied the spatio-temporal dynamics of *Macoma balthica* population at the littoral shoal within the city of Murmansk over a period of 20 years, based on the following characteristics: abundance, age structure, growth rate, shell form, frequency of shell color morphs, trematode infection, and frequency of shell hinge abnormalities.

Сила прикрепления *Littorina obtusata* из разных заливов Белого моря

Холоднов Ф.А.^{1*}, Аристов Д.А.²

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, Беломорская биологическая станция

* e-mail: fedinemail@yandex.ru

Литораль — прибрежная часть моря, осушающаяся во время отлива. Она наиболее сильно подвержена влиянию шторма. Сильное штормовое воздействие требует от обитателей литорали адаптаций, направленных на сопротивление прибою. На Белом море один из самых распространенных литоральных видов — брюхоногие моллюски *Littorina obtusata*. Чаще всего они встречаются на нижних горизонтах литорали, в поясе фукоидов (Kozminsky, 2013), где прикрепляются либо к талломам макрофитов, либо к камням — субстратам водорослей. Цель работы — выяснить, различаются ли возможности литторин из двух заливов Белого моря, Онежского и Кандалакшского, сопротивляться влиянию прибойной волны.

Летом 2025 года в двух заливах Белого моря собирали особей *L. obtusata*. На месте сбора для имитации штормового влияния был проведен опыт: прибойную волну имитировали с помощью бросания пластикового ведра объемом один литр с наполженными на внешние стенки ведра улитками в воду с определенной высоты. После проводили подсчет оставшихся на стенках ведра литторин. Опыт повторяли до тех пор, пока все литторины не откреплялись от ведра. После этого часть литторин были перевезены в Кандалакшский залив (транслоцированные улитки). Транслоцированные литторины, так же, как и местные, в экспериментальных условиях испытывались на острове Рязков.

Также на Рязкове мы провели эксперимент для оценки зависимости прикрепительной силы литторин от их индивидуальных особенностей. Для этого силу прикрепления отдельных улиток вычисляли с помощью электронного динамометра: к измеряемой особи приклеивали проволоку, к которой прикрепляли динамометр. Когда улитка начинала ползти, динамометр поднимали вверх. Кроме того, были измерены площадь ноги ползущих улиток (с помощью анализа фотографии ноги литторины), масса и размер раковины.

Проведенный анализ построенных смешанных линейных моделей (GLMM) не показал взаимосвязи индивидуальной силы прикрепления ни с одним из параметров. Однако, опыт с имитацией штормового воздействия показал тенденцию к более высокой устойчивости «онежских» литторин влиянию прибою. Эта тенденция была заметна как у «онежских» литторин, измерявшихся на месте, так и у транслоцированных в Кандалакшский залив особей. Скорее всего, это связано с более суровыми условиями в Онежском заливе (открытый берег, сильнее подверженный влиянию штормов). Литторины в таких условиях вынуждены чаще пребывать в состоянии стресса. Возможно, эта особенность поведения позволяет им закрепляться на поверхности лучше, чем литторинам на менее подверженной шторму литорали о. Рязков в Кандалакшском заливе. При этом подобные адаптации могут не вызывать заметных изменений в морфологии улиток.

ДАА выполнял проект при частичной поддержке Государственного задания 125012800889-2, Зоологический институт РАН

Attachment strength of *Littorina obtusata* from different bays of the White Sea

Kholodnov F.^{1*}, Aristov D.²

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, White Sea Biological Station

* e-mail: fedinemail@yandex.ru

Individuals of *Littorina obtusata* were collected from different bays of the White Sea. Two types of experiments were conducted to determine their attachment strength. It was revealed that the attachment strength of the snails from the Onega Bay was higher than that of the snails from the Kandalaksha Bay.

Особенности распределения *Peringia ulvae* и *Ecrobia ventrosa* на пологой литорали в вершине Кандалакшского залива Белого моря

Сучилкин М.А. *, Полоскин А.В.

Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

* e-mail: misha.gagarin.01@mail.ru

Peringia ulvae и *Ecrobia ventrosa* — широкораспространенные представители *Hidrobiidae*. Эти морфологически схожие виды образуют поселения высокой плотности в верхней сублиторали, на литорали, и в супралиторальных лужах. Питаются водорослями, детритом, микрофауной. При этом *P. ulvae* предпочитает более низкие температуры, часто встречается на прибойных участках берега, а *E. ventrosa* теплолюбивый вид, заселяет места, закрытые от прибоя. *P. ulvae* чувствительна к концентрации кислорода в воде, а более толерантная к данному фактору *E. ventrosa* способна заселять даже глинистые грунты с выходом сероводорода. Соленостный диапазон встречаемости у данных видов различается и составляет у *P. ulvae* 10–33 ‰, а у *E. ventrosa* 2–20 ‰.

Раньше считалось, что в Белом море встречается только *P. ulvae*, но в 1976 А.П. Кондратенев отметил, что часть моллюсков этого вида отличаются толерантностью к низкой солености. В 1992 году А. М. Горбушин определил таких моллюсков как *E. ventrosa*. Между *P. ulvae* и *E. ventrosa* в Беломорских поселениях существует конкуренция, где *E. ventrosa* оказывается менее конкурентным видом, в связи с чем встречается в маргинальных биотопах, заселяя супралиторальные лужи и опресненные участки литорали. Однако в исследованиях, проводимых нами на территории Кандалакшского Государственного заповедника в вершине Кандалакшского залива, было показано, что при обычной прибрежной солености Белого моря (18–25 ‰) *E. ventrosa* зачастую встречается в верхней части литорали в совместных поселениях с *P. ulvae*. В связи с этим представляется важным описать распределение этих видов в условиях фактора осушки и при различной солености на пологой литорали.

В 2019 и 2023–25 годы проводились количественные исследования вертикального распределения этих видов моллюсков в совместных поселениях на литорали о. Ряжкова и в губе Ульяшихе. Моллюски определялись по форме отметин на щупальцах. В результате работы было показано наличие устойчивого поселения *E. ventrosa* в верхней части средней литорали о. Ряжкова, где оно достигает плотности 10045 экз/м². При этом *P. ulvae* имеет максимальную плотность поселения 46133 экз/м² ниже по литорали. Таким образом, пики численности этих видов моллюсков заметно разнесены в пространстве в условиях градиента осушки, при колебании солености воды 16–20 ‰. На литорали губы Ульяшихи в условиях опреснения (2–3 ‰), пики численности моллюсков приходятся на нижнюю границу средней литорали и составляют 3430 экз/м² у *E. ventrosa* и 2278 экз/м² у *P. ulvae* соответственно. Таким образом можно предположить, что формирование поясов распределения данных видов моллюсков на литорали Белого моря определяется факторами осушки и солености в отношении верхних границ распределения этих видов и конкуренцией в отношении нижней границы распределения *E. ventrosa*.

Features of the distribution of *Peringia ulvae* and *Ecrobia ventrosa* on the shallow littoral zone at the head of the Kandalaksha Bay of the White Sea

Suchilkin M. *, Poloskin A.

Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

* e-mail: misha.gagarin.01@mail.ru

In 2019 and 2023–25, quantitative studies of the vertical distribution of *P. ulvae* and *E. ventrosa* were conducted on Ryazhkov Island and in Ulyashikha Bay. The results showed that the formation of distribution belts for these two mollusk species may depend on the gradient of desiccation and salinity.

Динамика макрозообентоса юго-западной части Чукотского моря с 2004 по 2025 годы

Нагорная О.А., Никитин И.Н., Коновалова О.П.

¹ Дальневосточный федеральный университет, Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология», Владивосток

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный

³ Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

* e-mail: nagornaya.oan@dvmfu.ru

Одни из крупных комплексных исследований бентоса Чукотского моря проводились в рамках программы RUSALCA (Russian-American Long-term Census of the Arctic) в 2004, 2009 и 2012 г. Статьи по данным этих экспедиций, являются наиболее актуальными по состоянию бентосных сообществ Чукотского моря (Denisenko et al., 2015; Grebmeier et al., 2015; Сиренко, Гагаев, 2007).

Пробы 2025 года были отобраны в ходе экспедиции Плавучего университета МФТИ-ИО РАН на НИС «Профессор Мультиановский» в период с 8 по 19 сентября 2025 г. В настоящей работе рассматриваются данные обработки 14 количественных проб с глубин от 15 до 78 м. Идентификация беспозвоночных проводилась до уровня крупных таксонов (Bivalvia, Polychaeta, Holothuroidea, Echinoidea, Ascidiacea, Crustacea, Sipunculida). Из результатов экспедиций программы RUSALCA в анализе использовали данные 15 дночерпательных станций 2004 года (Grebmeier et al., 2015; Сиренко, Гагаев, 2007), 9 станций 2009 г. (Grebmeier et al., 2015) и 9 станций 2012 г. (Grebmeier et al., 2015). Для сравнения данных 2025 года и экспедиций программы RUSALCA использованы показатели биомассы, численности и экологические параметры (соленость, температура, глубина). Статистическая обработка производилась в программе PAST. Использован метод многомерного шкалирования (MDS) на основе индекса сходства Брея-Кертиса.

В результате анализа MDS, станции распределились на 2 крупные группировки. Первая — часть станций экспедиции 2004 и 2009, 2012 г. (Grebmeier et al., 2015). Вторая — часть станций 2004 (Сиренко, Гагаев 2007) и собственные сборы. Такое деление подтверждается расположением точек отбора проб на физической карте исследуемого района. Южная часть Чукотского моря между полуостровами Чукотка и Аляска, район каньона Геральда и банки Геральда, соответственно. Наибольшая степень схожести наблюдается между данными 2004 (Сиренко, Гагаев, 2007) и 2025 годов. Для каждой станции 2025 года были определены доминирующие по биомассе таксоны и проведено их сравнение с доминантами по биомассе станций 2004 года (Сиренко, Гагаев, 2007). Доминантами на станциях 2004 года являются представители полихет. В пробах 2025 года доминантами на станциях являются представители двухстворчатых моллюсков районе каньона Геральда, и полихет в районе банки Геральда. Наблюдается смена доминантов в каньоне Геральда несмотря на высокую степень схожести станций по результатам MDS.

В дальнейшем планируется провести полную таксономическую идентификацию бентосных организмов из проб 2025 года, и провести анализ их динамики с привлечением большего числа параметров окружающей среды.

Исследование выполнено при поддержке программы «Плавающий университет».

Macrozoobenthos dynamics of the southwestern part of Chukchi sea in 2004-2025

Nagornaya O.^{1*}, Nikitin I.², Konovalova O.³

¹ Far East Federal University, Vladivostok

² Moscow institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

³ Lomonosov Moscow State University Marine Research Center, Moscow

* e-mail: nagornaya.oan@dvmfu.ru

We performed analysis of macrozoobenthic communities studied previously in RUSALCA program (Grebmeier et al, 2015; Sirenko, Gagaev, 2007) and in our survey in 2025 by multidimensional scaling by biomass, abundance, and environmental factors. In result, we got two large groups confirmed by their actual spatial distribution.

Разнообразие жизненных форм миног (*Lethenteron* и *Lampetra*) от Арктики до Балтики

Астахова Е.А.*

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

* e-mail: e.astakhova@sev-in.ru

Миноги играют ключевую роль в экосистемах, в том числе арктических: они являются компонентом пищевых сетей, служат ресурсом для коренных народов и индикатором состояния рек в меняющемся климате. Разнообразие жизненных форм миног уязвимо: фрагментация рек, блокируя миграции, ведет к упрощению структуры популяций и является ключевым лимитирующим фактором, особенно для проходных форм.

Для миног характерно большое экологическим разнообразие: пресноводные, проходные, паразитические и непаразитические формы. Цель данного исследования — провести сравнительный анализ разнообразия жизненных форм миног в арктических водах РФ и водоемах, принадлежащих к Балтийскому бассейну (на примере Ленинградской области) на основе данных из базы «Миноги России» ИПЭЭ РАН.

Можно выделить четыре ключевые закономерности:

1. Географический градиент видов: известное разнообразие миног в арктических регионах (Чукотский АО, Якутия, Красноярский край) практически моноспецифично и представлено тихоокеанской миногой (*Lethenteron camtschaticum*). По мере смещения на запад и юго-запад, к Карелии и Ленинградской области, со сменой морского бассейна доминирующим видом становится речная минога (*Lampetra fluviatilis*).
2. Распределение жизненных форм и факторы влияния: в приморских арктических районах с короткой протяженностью рек (Мурманская обл.) преобладают проходные (анадромные) формы. В глубине континента, в крупных речных системах (бассейны Оби, Печоры, Енисея, Лены), возрастает роль пресноводных резидентных форм. Строительство плотин и ГЭС усиливает эту тенденцию, блокируя миграции. Наибольшее разнообразие жизненных форм (проходная, озерная, ручьевая) наблюдается в Ленинградской области и Карелии, где сочетаются факторы близости моря, наличия крупных озер (Ладожское, Онежское) и разветвленных речных систем.
3. Экологическая пластичность: оба вида демонстрируют высокую адаптивность, формируя разные жизненные формы в зависимости от условий.
4. Региональные модели:

Балтика (Ленобласть, Карелия): преобладает пресноводная форма речной миноги;

Беломорский бассейн: доминирует проходная арктическая минога;

Сибирская Арктика: наблюдается смешанная картина с тенденцией роста доли резидентных форм вглубь континента;

Дальневосточная Арктика (Чукотка): почти исключительно проходные формы.

Таким образом, структура и разнообразие жизненных форм миног на пространстве от Арктики до Балтики — это результат взаимодействия природных и антропогенных факторов. Ключевую роль играет география и тип водных систем, определяя доминирующие жизненные стратегии (проходная или резидентная форма). Наиболее сложная картина наблюдается в «переходных» регионах, таких как Карелия и Ленинградская область, где смешиваются влияния различных экосистем, именно здесь встречается максимальное число экологических форм.

Проект выполняется при поддержке РФФ (грант №24-14-00111).

The diversity of lamprey life forms from the Arctic to the Baltic: a comparative study

Astakhova E.*

Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

* e-mail: e.astakhova@sev-in.ru

Lampreys exhibit significant ecological diversity. The study reveals a clear geographical shift from Arctic lamprey in the east to the European river lamprey in the west. The distribution of life history forms (anadromous/freshwater) depends on environmental conditions, with the greatest diversity in transitional regions, where lampreys show high adaptability.

Проблемы систематики и диагностики близких видов керчаковых рыб группы «*Icelus bicornis*» (Pisces: Cottidae)

Зорина А.А.

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: zorana97@mail.ru

Рыбы рода *Icelus* Krøyer, 1845 — обитатели шельфа и верхней части континентального склона морей Северной Атлантики, Арктики и северной Пацифики. В Белом море, а также в других арктических морях, род представлен атлантическим двурогим ицелом *Icelus bicornis* (Reinhardt, 1840). Он отличается от прочих видов характерной формой урогенитальной папиллы и укороченной в хвостовом отделе боковой линией. Морфологически вид довольно близок к другому представителю фауны северных морей – восточному двурогому ицелу, *I. spatula* (Gilbert et Burke, 1912). Самок и молодь этих двух видов различить затруднительно, и решению этого вопроса было посвящено несколько публикаций (Зорина, 2019; Зорина, Чернова, 2022а, 2022б). Восточный двурогий ицел *I. spatula*, описанный из Авачинского залива Камчатки — единственный вид рода, имеющий арктическо-северотихоокеанское распространение. В дальневосточных морях было выделено, помимо номинального, два подвида (Andriashev, 1937). В последней ревизии рода (Nelson, 1984) один из них (охотский ицел *I. spatula ochotensis*) был признан отдельным видом (*I. ochotensis*), тогда как второй подвид (длиннорогий ицел *I. spatula bispinis*) был сведен в синонимы *I. spatula*. Проведенное нами изучение морфологических признаков трех форм показало, что отличия длиннорогого ицела от *I. spatula* и *I. ochotensis* достигают видового уровня, что позволяет рассматривать его в статусе вида *I. bispinis* Andriashev, 1937.

Работа основана на материалах фондовых коллекций Зоологического института РАН: *I. spatula* (78 экз.), *I. ochotensis* (86), *I. s. bispinis* (109). Морфометрическая и статистическая обработка проведена по 113 индексам промеров, счетным и другим признакам (Chernova, Zorina, 2024). Используются рентгенограммы, выполненные на установке ПРДУ 2021, и томограммы (микротомограф Neoscan N80), ЦКП «Таксон» ЗИН. Топография каналов и пор сейсмочувствительной системы изучена по методике А.В. Неелова (1979).

В результате сравнительного исследования обоснована валидность *I. bispinis*. Уточнены диагностические признаки трех видов, которые различаются строением шипов, грануляцией головы и характером чешуйного покрова тела. *Icelus bispinis* отличается от обоих видов высокими, коническими и заостренными шипами (две пары, теменные и затылочные), наличием шипа на супраклейтруме, грануляцией головы (слабая или отсутствует). В отличие от *I. spatula*, дорсальный ряд пластинок у него протяженный, в отличие от *I. ochotensis* – грануляция головы более слабая, предхвостовые чешуи на хвостовом стебле отсутствуют.

Systematics and diagnostic issues of closely related species of sculpins of the “*Icelus bicornis*” group (Pisces: Cottidae)

Zorina A.

Zoological Institute RAS, Saint Peterburg

* e-mail: zorana97@mail.ru

A comparative study of three species (*I. spatula*, *I. ochotensis* and *I. bispinis*), morphologically similar, was conducted. The species differ most in the shape of the head spines, the presence of head granulation and the characteristics of the body scale cover.

Некоторые особенности биологии европейского окуня *Perca fluviatilis* (Percidae, Perciformes) плеса Бабинская Имандра оз. Имандра (Мурманская область) и уточнение методик определения его возраста

*Иванченко Р.О.**, *Зубова Е.М.*, *Кашулин Н.А.*, *Терентьев П.М.*

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты
* e-mail: roman.ivanchenko.03@mail.ru

С потеплением и повышением продуктивности водоемов высоких широт преимущества получают весенне-нерестующие полиморфные виды рыб, например, *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (далее окунь). Окунь — распространенный в Мурманской области вид, часто формирующий «ядро» ихтиоценозов. Цель работы: оптимизация методики определения возраста, позволяющая детально проследить возрастные изменения биологических показателей окуня плеса Бабинская Имандра (далее БаИ) оз. Имандра.

Имандра (бассейн Белого моря) — самое крупное озеро-водохранилище в Мурманской области, состоящее из трех плесов: Большой, Йокостровской и БаИ. БаИ — водоем, имеющий высокое разнообразие мест обитания и наименее подверженный техногенному загрязнению, что позволяет рассматривать БаИ, как модельный условно-фоновый водоем.

Ихтиологический материал в 2023 и 2024 гг. отбирали ставными жаберными сетями с размером ячеи 10–45 мм во всех экологических зонах БаИ.

В уловах из БаИ доминировал окунь (58 %). Рыбы были представлены длиной 110–324 ($260 \pm 5,1$) мм и массой 20–476 ($265 \pm 14,1$) г. При сопоставлении слоистых слоев исследованных оперкулярных костей и позвонков окуня из плеса БаИ их распределение совпадает, но более четкая «картина» проявляется на сочленовной ямке позвонков. Сопоставляя структуру сочленовных ямок позвонков со структурой жаберной крышки, можно более правильно читать последнюю, что необходимо при изучении темпов роста рыб. Возрастная структура популяции окуня из плеса БаИ включала особей от 2+ до 10+ лет, преобладали рыбы в возрасте 4–6+ лет (84 %).

Зависимость между длиной тела окуня и длиной его жаберной крышки лучше описывается формулой степенной функции: $R^2 = 0,93$. Линии регрессии не проходят через начало координат, поэтому для обратных расчислений длины рыб предпочтительнее использовать формулу Розы Ли. В обратных расчислениях «феномен» Розы Ли отсутствует. По значениям расчисленных абсолютных средних годовых приростов окуня самый высокий темп роста был характерен для первого года жизни (52 мм), наименьший — для седьмого года жизни (8 мм). По значениям константы роста Шмальгаузена-Броди можно выделить два периода роста окуня: быстрый — со второго по шестой год жизни (в среднем 0,92) и относительно медленный — с седьмого по десятый год жизни (0,46). Замедление темпов линейного роста наблюдается уже после массового созревания рыб (6+ лет). При переходе окуня плеса БаИ на ихтиофагию (начиная с возраста 3+ лет), отмечается рост абсолютных значений массы рыб: до 113 г в возрасте 5+ лет. После массового созревания рыб приросты массы также имеют минимальные значения.

Проект выполняется при поддержке двух тем НИР FMEZ-2025-0061 и FMEZ-2024-0014.

Some biological features of the European perch *Perca fluviatilis* (Percidae, Perciformes) from the Babinskaya Imandra Reach of the Lake Imandra (Murmansk region) and clarification of methods for determining its age

*Ivanchenko R.**, *Zubova E.*, *Kashulin N.*, *Terentyev P.*

Institute of Industrial Ecology of the North, Kola Science Center RAS, Apatity
* e-mail: roman.ivanchenko.03@mail.ru

We studied the age of the European perch *Perca fluviatilis* by comparing various bone recording structures, which allowed us to trace in more detail age-related changes in a number of its biological indicators under the current conditions of the Babinskaya Imandra Reach of the Lake Imandra (Murmansk region) in 2023–2024.

«Сон в летнюю ночь»: гнездовая активность воробьинообразных птиц в условиях полярного дня

Никеева Н.В.^{1*}, Барыкина Д.А.², Соловьева Д.В.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, кафедра зоологии позвоночных и экологии, Пермь

² Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан

* e-mail: tashanik0319@gmail.com

Продвижение южных видов в более северные широты активно происходит в последние десятилетия в связи с глобальными изменениями климата. Пуночка *Plectrophenax nivalis*, являясь циркумполярным видом, соседствует с белой трясогузкой *Motacilla alba ocularis*, которая с относительно недавнего времени проникла в Арктику из более южных широт (Pavlova et al., 2005). На их гнездовую активность могут влиять различные факторы: продолжительность светового дня, освещенность, температура атмосферного воздуха, влажность, осадки (Кузнецова, 1997; Рыжановский, Пасхальный, 2008; Öberg et al., 2015; Montgomerie, Lyon, 2020 и др.). Нами было проведено сравнение влияния полярного дня, температуры и влажности атмосферного воздуха на гнездовую активность этих видов.

Данные собраны на территории Чаунского биологического стационара ИБПС ДВО РАН (о. Айопечан (68°50' с.ш., 170°30' в.д.), ЧАО). При помощи фотоловушек в период с 2018 по 2023 гг. были собраны данные, включающие периоды инкубации, вылупления и выкармливания птенцов. Камеры устанавливали так, чтобы в кадре было видно гнездо или леток. У труднодоступных гнезд фотоловушки располагали так, чтобы была возможность фиксировать факты прилета и отлета птиц.

В результате работы была подтверждена информация, что откладка яиц у пуночки и белой трясогузки на Чукотке происходит после перехода среднесуточных температур через 0 °C (Leinonen, 1973; Рыжановский, 2010; Schaper et al., 2012; Fossøy et al., 2015).

Для данных видов определено наличие периода покоя в субъективную ночь. Они схожи у представленных видов: у белой трясогузки достоверно продолжительнее (с 22–23 до 4 ч), чем у пуночки (с 0 до 3 ч). Несмотря на продолжительный период активности, в периоды насиживания и в начале выкармливания птенцов самки проводят большую часть времени в гнезде. У белой трясогузки сохраняются циркадные ритмы (Leinonen, 1973; Кузнецова, 1997, 2002) даже в условиях круглосуточного освещения.

В период насиживания на частоту и продолжительность отлучек белых трясогузок значительное влияние оказывает температура ($p < 0,001$) и влажность воздуха ($p < 0,05$). Внегнездовая активность возрастает при температуре воздуха от 12 °C и выше и снижается при высокой влажности воздуха (более 90 %). В период выкармливания наибольшую активность трясогузки проявляют при температурах 5–15 °C ($p < 0,001$). Влажность воздуха оказывает незначительное влияние ($p > 0,05$).

У пуночек гнездовая активность связана с погодными факторами только в период выкармливания птенцов. Наблюдается достоверная зависимость от температуры ($p < 0,001$) и влажности воздуха ($p < 0,001$). Кормовая активность снижается при температурах ниже 8 °C и влажности более 80 %.

“A midsummer night's dream”: nesting activity of passerine birds under the polar day conditions

Nikeeva N.^{1*}, Barykina D.², Solovyeva D.²

¹ Perm State National Research University, Department of Vertebrate Zoology and Ecology, Perm

² Institute for Biological Problems of the North, FEB. RAS, Magadan

* e-mail: tashanik0319@gmail.com

We collected data on the nesting activity in Arctic passerines as follows white wagtail *Motacilla alba ocularis* and snow bunting *Plectrophenax nivalis* under polar day conditions. We determined the influence of weather factors on the incubation and chick-rearing behaviour.

Загрязнение криоконитов и почв перигляциальных зон как индикатор состояния экосистем высокогорных территорий

Кушнов И.Д.^{1*}, Темботов Р.Х.^{1,2}, Нехаев И.О.^{1,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра прикладной экологии, Санкт-Петербург

² Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, лаборатория почвенно-экологических исследований, Нальчик

³ Институт зоологии Республики Казахстан, лаборатория арахнологии и других беспозвоночных животных, Алматы

* e-mail: st084838@student.spbu.ru

Криокониты, темноокрашенные органоминеральные отложения на поверхности ледников, способны не только ускорять дегляциацию, но и аккумулировать различные поллютанты, которые затем переносятся в перигляциальную зону. Целью исследования было определить биогеохимические особенности и накопление тяжелых металлов в почвах и супрагляциальных отложениях высокогорий в условиях различной антропогенной нагрузки на примере Центрального Кавказа и Северного Тянь-Шаня. Пробы криоконитов были отобраны с ледников Гарабаши, Малый Азау и Шхельда (Приэльбрусье, Россия), а также с ледников Моренный и Богдановича (Заилийский Алатау, Казахстан). Почвы были отобраны из ущелья Терскол и Баксан (РФ), а также из ущелий Большое Алматинское и Левое Талгарское (Казахстан), преимущественно литоземы и органо-аккумулятивные. В образцах определялись значения содержания углерода органических соединений, значения базального и субстрат-индуцированного дыхания. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии по стандарту ISO 11047 с последующим расчетом геохимических индексов. Статистическая обработка производилась методами Краскела-Уоллеса и Манна-Уитни.

Результаты показывают значимо большее накопление углерода органических соединений в приледниковых почвах (до 8,88 %) по сравнению с криоконитами. При этом, в криоконитах вблизи антропогенно-нагруженных туристических участков (ледники Гарабаши, Богдановича) содержание углерода органических соединений было значимо большим (до 1,41 %), чем в фоновых участках, что связано с углеродсодержащими выбросами и спецификой землепользования. Так, сжигание угля и древесины для приготовления пищи и выработки тепла, а также нарушение почвенно-растительного покрова в связи со строительством и перемещением больших групп людей являются неотъемлемой частью туристической деятельности и источником углерода органических соединений. Достоверных различий между значениями базального и субстрат-индуцированного дыхания между почвами и криоконитами, что указывает на высокую микробиологическую активность на поверхности ледников и возможную роль супрагляциальных микроорганизмов в ходе первичного почвообразования. Значимо большее содержание всех определенных тяжелых металлов было отмечено в криоконитах вблизи объектов туристической инфраструктуры, что указывает на доминирующую роль локальных источников загрязнения. При этом, достоверной разницы между содержанием элементов в криоконитах и местных почвах обнаружено не было, что позволяет использовать криокониты как индикатор загрязнения высокогорных ландшафтов. Среди элементов наибольшее накопление характерно для цинка (до 118,90 мг/кг), что увеличивает загрязнение до «среднего» уровня, согласно индексам PI и PLI. Отличительной чертой криоконитов и почв Заилийского Алатау является накопление кадмия (до 1,01 мг/кг), которое, предположительно, связано с дальним атмосферным переносом поллютантов из промышленных центров и геологическими особенностями. Расчет индекса экологического риска (PERI) на основании предыдущих исследований по содержанию тяжелых металлов на фоновых участках данного региона показал высокий уровень риска для экосистем (PERI > 360), преимущественно, в связи с высокой токсичностью кадмия. Таким образом, дополнительное антропогенное давление оказывает негативное воздействие на экосистемы, что важно учитывать при расширении рекреационной и сельскохозяйственной деятельности.

Авторы выражают благодарность д. б. н., профессору Абакумову Е.В. за помощь в проведении исследования.

Проект выполняется при поддержке гранта РФФ № 24-44-00006

Pollution of cryoconites and periglacial soils as an indicator of glacial and periglacial alpine ecosystems condition

Kushnov I.^{1*}, Tembotov R.^{1,2}, Nekhaev I.^{1,3}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Applied Ecology, Saint Petersburg

² Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Laboratory of Soil-Ecological Studies, Nalchik

³ Zoological Institute of Republic of Kazakhstan, Laboratory of Arachnology and Other Invertebrates, Almaty

* e-mail: st084838@student.spbu.ru

We studied biogeochemical features of cryoconites and soils in the Elbrus region and Ile-Alatau region. Results showed that cryoconites accumulated similar content of trace elements as local soils, with local anthropogenic activities being primary source of their input, that may be useful for alpine pollution assessment.

Геохимические особенности гранатов метабазитов Кийострова (юго-восточное Беломорье)

Белоножкина Д.Е.^{1}, Скублов С.Г.^{1,2}*

¹ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии, Санкт-Петербург

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: dbelaya1812@mail.ru

В Беломорском подвижном поясе широко распространены палеопротерозойские базит-ультрабазитовые интрузии. К ряду из них приурочены проявления корунда. Одним из таких объектов является расслоенный и метаморфизованный перидотит-габбро-анортозитовый массив на о. Кий в южной части Онежской губы Белого моря (Ходоревская, Варламов, 2018). Отличительная особенность этого массива — наличие мощных зон гранатизации, вплоть до появления жил гранатитов. Гранат выступает индикаторным минералом для высокоградных метаморфических пород, является минералом-геохронометром и позволяет реконструировать эволюцию процессов метаморфизма.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования состава гранатов из основной массы гранатовых амфиболитов и из жилы гранатитов, секущей породы кийостровского массива. Состав гранатов по главным элементам был проанализирован методом SEM-EDS на электронном микроскопе JEOL в ИГГД РАН, по редким и редкоземельным элементам методом SIMS на Масс-спектрометре Cameca IMS-4f в ЯФ ФТИАН РАН.

Для более детального рассмотрения были выбраны гранаты из серии образцов 2511 и 2512, отобранные из гранатового амфиболита и секущей его жилы гранатита, соответственно. При изучении химического состава гранатов была выявлена зональность, что говорит об изменении условий в процессе роста минералов. Так, гранат 2511 характеризуется возрастанием альмандинового и пиропового минала и уменьшением гроссулярового и спессартинового от центра к краю зерна. В гранате 2512 зональность проявлена слабее — содержание пироба уменьшается, а количество спессартина — растет.

Выбранный для сравнения гранат из гранатового амфиболита в другой части массива (образец 2530) отличается от рассмотренных выше гранатов гораздо более высоким содержанием пироба и пониженным — гроссуляра. Зональность в нем проявлена слабо — содержание пироба к краю зерна понижается, спессартина — увеличивается.

Спектры распределения REE для всех гранатов отличаются дифференцированным характером с равномерным ростом от легких к тяжелым REE. Eu-аномалия отсутствует, либо слабо проявленная положительная. Гранаты из образцов 2511 и 2512 отличаются от гранатов из образца 2530 повышенным содержанием Ti, V, Y, Mn и суммой REE (за счет тяжелых REE), а также пониженным содержанием Cr и Zr. Если рассматривать геохимию гранатов из жилы гранатита (образец 2512) и вмещающих гранатовых амфиболитов (образец 2511), то гранат из гранатитов отличается от последнего повышенным содержанием Ti, и пониженным Mn, Y и тяжелых REE.

Geochemical features of Kiyostrov metabasites (South-Eastern White Sea region)

Belonozhkina D.^{1}, Skublov S.^{1,2}*

¹ Empress Cathrine II Saint Petersburg Mining University, Department of Mineralogy, Crystallography, and Petrography, Saint Petersburg

² Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg

* e-mail: dbelaya1812@mail.ru

This paper presents the results of a study of garnets from the garnet amphibolites and the cutting garnetite vein of the Kiyostrov massif. The garnets were analyzed for major and rare earth elements. Chemical composition of the garnets indicate changes in mineral growth and chemical composition of the host rocks.

Воздействие климатических изменений на инфраструктуру в зоне многолетнемерзлых пород России

*Кузнецов Е.А. **

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра геофизики, Санкт-Петербург

* e-mail: egor.kuz05@bk.ru

Устойчивость зданий и сооружений в городах российской Арктики, построенных в 1960–1970-х годах (Норильск, Якутск, Салехард, Анадырь), зависит от сохранения несущей способности многолетнемерзлых грунтов, служащих основанием для свайных фундаментов. Геотехническая надежность фундаментов определяется прочностью смерзания грунта со сваями, являющейся функцией температуры мерзлоты и мощности сезонно-талого деятельного слоя. Эти параметры напрямую зависят от климатических условий: среднегодовой температуры воздуха и толщины снежного покрова, выступающим как природный теплоизолятор.

Целью исследования являлась количественная оценка потенциального изменения несущей способности стандартных железобетонных свай в условиях прогнозируемого климатического потепления. Методология исследования основана на последовательном применении двух моделей. Сначала с помощью аналитической геокриологической модели, верифицированной по данным наблюдений, рассчитывались пространственно-временные изменения температуры мерзлоты на глубине и мощности деятельного слоя. Расчеты выполнялись на основе климатических сценариев, полученных от шести различных глобальных климатических моделей по траектории с наиболее интенсивным ростом концентрации парниковых газов в атмосфере. Далее, с использованием положений действующих строительных норм для оснований на многолетнемерзлых грунтах, термические изменения переводились в инженерные показатели — относительное изменение несущей способности свайного фундамента.

Результаты моделирования свидетельствуют о значительном потенциальном снижении геотехнической устойчивости. К середине XXI века на большей части территории российской криолитозоны ожидается уменьшение несущей способности мерзлых грунтов под существующими фундаментами на 25 %. Наиболее уязвимыми являются районы с прерывистым распространением мерзлоты и южные окраины зоны сплошной мерзлоты, где прогнозируется наибольшее потепление. Для рассмотренных городов критический порог снижения несущей способности (свыше 55 %) может быть достигнут в Салехарде и Анадыре уже к середине 2020-х годов, а в Норильске и Якутске — около 2040-х годов.

Ключевым практическим выводом является демонстрация чрезвычайно высокой неопределенности прогнозов, обусловленной сильным разбросом результатов различных климатических моделей. Например, для Норильска прогнозируемое снижение несущей способности к 2050 году варьирует от относительно умеренных 18 % до практически полной потери несущей способности в 92 %. Эта неопределенность не отменяет наличия серьезного долгосрочного геологического риска, а лишь осложняет процесс планирования адаптационных мер. Полученные результаты диктуют необходимость пересмотра нормативной базы проектирования фундаментов в криолитозоне с учетом климатических прогнозов, внедрения технических решений для пассивного и активного охлаждения грунтов и создания комплексных систем мониторинга термического и механического состояния оснований. Без принятия таких превентивных мер города российской Арктики могут столкнуться с возрастающим числом аварийных деформаций зданий и инженерных сетей, что повлечет значительные социально-экономические последствия.

Материал написан по Shiklomanov et al, 2016.

Impact of climate change on infrastructure in Russia's Permafrost zone

*Kuznetsov E. **

Saint Petersburg State University, Department of Geophysics, Saint Petersburg

* e-mail: egor.kuz05@bk.ru

Due to climate warming, the bearing capacity of pile foundations in Russia's Arctic cities will decrease significantly by the middle of the century. Salekhard and Anadyr are the most vulnerable. It is urgently necessary to update design standards, introduce soil cooling and create monitoring systems to prevent accidents.

Зимние воды в западной части Чукотского моря в сентябре 2025 года

Беликов Д.Н.^{1}, Малых М.К.¹, Дёминова Т.А.², Меркулова Т.С.², Фрей Д.И.³, Осадчиев А.А.^{2,3}*

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный

³ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

* e-mail: belikov.danylo@yandex.ru

Через Берингов пролив в Чукотское море ежегодно поступают тихоокеанские воды, распространяющиеся по шельфу тремя основными путями через каньоны Геральда и Барроу (Woodgate, 2005; Pickart, 2016). В зимне-весенний период поток содержит холодные плотные воды с температурой $-1,4...-1,8$ °C и соленостью 32,5–33,5 psu (Coachman, 1975). Эти воды имеют ключевое значение для формирования галоклина, препятствующего теплообмену между атлантическими водами и поверхностным слоем арктического бассейна, а также способствуют вентиляции верхних и промежуточных горизонтов (Pickart, 2004; Weingartner, 1998). Однако механизмы их трансформации в шельфовой зоне остаются недостаточно изучены из-за суровых ледовых условий, ограничивающих натурные наблюдения в холодный период года (Woodgate., 2012). Целью данной работы является исследование гидрофизических характеристик и пространственного распределения тихоокеанских зимних вод в западной части Чукотского моря в период осеннего сезона.

Измерения проведены в период 7–19 сентября 2025 г. на НИС «Профессор Мультиановский» в западной части Чукотского моря (64–67° с. ш., 176° з. д. – 170° в. д.). Использовался высокоточный зонд SBE911 для измерения температуры (точность $\pm 0,005$ °C), электропроводности ($\pm 0,0005$ С/м) и давления. Первичная обработка данных выполнялась пакетом SBEDataProcessing с коррекцией датчиков и пересчетом солености по шкале PSS-78. Визуализация полученных данных реализована в программах Surfer, Grapher и ODV. Для анализа межгодовой изменчивости использовались архивные данные предыдущих экспедиций и карты спутникового ледового мониторинга.

На разрезах в районе пролива Лонга и юго-западной части каньона Геральда выявлены классические тихоокеанские зимние воды с температурой ядра $-1,7...-1,72$ °C и соленостью 32,42–32,94 psu. Холодные воды залегают слоем от глубины 25 м до дна, образуя характерную плотностную стратификацию. В северо-западной части каньона Геральда обнаружена водная масса с аномально пониженной соленостью (31,7 psu), что на 1,2 psu ниже типичных значений. На T–S диаграмме эти воды четко смещены в область низких соленостей относительно исторических данных 2019–2023 гг., указывая на иное происхождение (Linders, 2017). Предполагается, что эти воды сформировались на шельфе Восточно-Сибирского моря в зимний период, что подтверждается сходством с характеристиками вод острова Врангеля в годы интенсивного льдообразования (2019, 2023) (Rogozhin et al., 2025). Анализ ледовых карт показал прямую зависимость солености придонных вод от солености поверхностного слоя при начале замерзания. Скорость льдообразования служит индикатором: быстрое льдообразование формирует менее соленые зимние воды, медленное — более соленые.

Работа выполнена в рамках Всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-03-2025-662/8), проектов РНФ 23-17-00087 и 25-27-00335.

Winter waters in the western part of the Chukchi Sea in September 2025

Belikov D.^{1}, Malykh M.¹, Deminova T.², Merkulova T.², Frey D.³, Osadchiev A.^{2,3}*

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: belikov.danylo@yandex.ru

Pacific winter waters ($T = -1.7$ °C, $S = 32.4-33.0$ psu) were identified on the western Chukchi shelf in September 2025. Fresh waters ($S \approx 31.7$ psu) of East Siberian origin were discovered in Herald Canyon. Ice-formation rate in autumn 2024 directly controlled bottom water salinity, revealing the linkage between sea ice dynamics and water mass properties in the Arctic.

Interaction of the Siberian Coastal Current and Pacific Waters in the Chukchi Sea during ice-free season

Merkulova T.^{1}, Belikov D.², Malykh M.², Deminova T.¹, Frey D.³, Osadchiev A.^{1,3}, Stepanova N.^{1,3}*

¹ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Moscow

³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: merkulova.ts@phystech.edu

In recent decades, there has been an increase in the volume of incoming Pacific waters through the Bering Strait into the Chukchi Sea, as well as a significant increase in their temperature and decrease in salinity (Woodgate, 2012). In addition to the Pacific waters, the western part of the Chukchi Sea receives desalinated waters from the Lena and other rivers of Eastern Siberia, which are known as the Siberian Coastal Current (Weingartner, 1999). At the same time, there is a clear lack of research on its future fate after reaching the Chukchi Sea, in particular its interaction with summer Pacific waters, whose transformation on the shallow shelf of the Chukchi Sea has a great impact on the physical condition and ecosystem of the North American sector of the Arctic Ocean. Accordingly, the purpose of this study is to explore the transformation of summer Pacific waters as a result of their interaction with the Siberian Coastal Current.

Field data for the study in the western part of the Chukchi Sea were obtained during an expedition of the Floating University of MIPT-IO RAS in September 2025. The CTD data from SBE-911 instrument were averaged using standard SBEDataProcessing routines into 1-db downcast profiles.

Based on field measurements, the distribution of the western branch of Pacific waters entering the Chukchi Sea via the Bering Strait was investigated. Vertical profiles obtained in the strait on September 7 and 18, 2025, indicate low thermohaline variability across the section but a substantial increase in temperature relative to historical data. Shipboard and satellite data confirm that by autumn 2025, the freshened surface layer of the Siberian Coastal Current had extended along the Chukchi Peninsula coast as far as the Bering Strait. There, it was entrained by the inflow of summer Pacific waters and advected northeastward along characteristic western-branch pathway toward Herald Canyon (Pisareva, 2015). This process resulted in a distinct 15-meter-thick surface layer of reduced salinity overlying the warmer, saltier summer Pacific water mass, clearly visible in T-S profiles along the branch's trajectory. The analyzed sections illustrate how the western branch — now carrying this freshened surface layer — spread from the Bering Strait to Herald Canyon, where it occupied the eastern part of the canyon.

Thus, in September 2025, the Siberian Coastal Current freshwater layer reached the Bering Strait, was captured by the Pacific inflow, and formed a low-salinity cap extending to the Herald Canyon region.

The research was carried out within the framework of the All-Russian Scientific and Educational program "Floating University" (Agreement No. 075-03-2024-117), projects of the Russian Science Foundation 23-17-00087 and 25-27-00335.

Внутренние гравитационные волны на шельфе Берингова и Чукотского морей: моделирование и данные наблюдений

Гулий Г.А.^{1}, Куркина О.Е.², Козлов И.Е.³, Копышов И.О.^{3,4}, Зимин А.В.⁵, Булавинова В.И.⁶*

¹ Сколковский институт науки и технологий, Москва

² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород

³ Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь

⁴ Московский физико-технический институт, Москва

⁵ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Санкт-Петербург

⁶ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

* e-mail: rguliy@mail.ru

Внутренние гравитационные волны (ВГВ) являются важным элементом динамики Мирового океана, определяющим перенос энергии, импульса и примесей в стратифицированной среде. Несмотря на наличие спутниковых свидетельств существования короткопериодных внутренних волн (КВВ) в Беринговом и Чукотском морях (Svergun & Kozlov, 2021; Kozlov & Zubkova, 2019), контактные наблюдения и модельные исследования для этих удаленных районов крайне ограничены.

Настоящая работа направлена на анализ механизмов генерации и трансформации внутренних волн на основе комбинации натуральных данных, спутниковых наблюдений и двумерного численного моделирования в вертикальной плоскости. В ходе экспедиции «Плавучий университет МФТИ – ИО РАН – 2025» получены профили температуры и солености в склоново-шельфовой зоне западной части Берингова моря и в мелководной части Чукотского моря. Дополнительно использованы записи термопрофилемера TPArctic и микроструктурного зонда MSS-90L, позволяющие описать вертикальную структуру пакетов КВВ.

Для разреза в Беринговом море выполнены расчеты полнонелинейной негидростатической модели, в которой на глубоководной границе задавалось баротропное приливное воздействие компоненты M2. Моделирование показывает, что трансформация приливных бароклинных волн при выходе на шельф приводит к генерации КВВ отрицательной полярности, распространяющихся вглубь мелководья. Численные результаты качественно согласуются с записями TPArctic, фиксирующего цуги волн амплитудой 5–18 м, а также со спутниковыми наблюдениями.

Для участка в Чукотском море использована слабонелинейная модель Гарднера–Островского, позволяющая учитывать горизонтальные изменения стратификации. Выявлено несколько зон изменения знаков коэффициентов квадратичной и кубической нелинейности, что приводит к чередованию режимов полярности и сложной трансформации уединенных волн: перестройке формы, дроблению и формированию новых солитоноподобных импульсов.

Полученные результаты демонстрируют, что рельеф дна, структура стратификации и интенсивность приливного форсинга определяют характер генерации внутренних волн в регионе. Они подчеркивают необходимость тщательного учета частоты приливных течений и фоновой завихренности, способной изменять эффективную критическую широту для приливных волн.

Проект выполняется при поддержке государственного задания в сфере научной деятельности (тема № FSWE-2023-0004 «Нелинейная волновая динамика прибрежной зоны в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия»). Исследование структуры внутренних волн на основе натуральных наблюдений выполнено при поддержке гранта РНФ № 25-17-00309. Экспедиционные работы на борту НИС «Профессор Мультиановский» проведены в рамках Всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-03-2025-662/8).

Internal gravity waves on the shelf of Bering and Chukchi seas: modelling and observations results

Guliy G.^{1}, Kurkina O.², Kozlov I.³, Kopyshov I.^{3,4}, Zimin A.⁵, Bulavinova V.⁶*

¹ Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow

² Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

³ Hydrophysical Institute of the RAS, Sevastopol

⁴ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

⁵ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Saint Petersburg

⁶ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

* e-mail: rguliy@mail.com

We analyzed internal gravity waves on the Bering and Chukchi Sea shelves using field measurements and numerical modeling. Observations revealed short-period wave packets, while simulations showed their generation by tidal flow and

stratification gradients. Results demonstrate complex wave transformation over variable bathymetry and emphasize the key role of local stratification.

Оценка параметров короткопериодных внутренних волн в Чукотском море на основе полнонелинейной модели и натуральных измерений

Дарьенкова С.М.^{1*}, Козлов И.Е.², Копышов И.О.^{2,3}, Куркина О.Е.¹, Бетке И.А.^{4,2}, Гулий Г.А.⁵, Булавинова В.И.⁶, Меркулова Т.С.³

¹ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород

² Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь

³ Московский физико-технический институт, Москва

⁴ Новосибирский государственный университет, Новосибирск

⁵ Сколковский институт науки и технологий, Москва

⁶ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

* e-mail: darenkovas@mail.ru

В Чукотском море наблюдаются многочисленные поверхностные проявления короткопериодных внутренних волн, однако спутниковые данные не дают информации об их вертикальной структуре. Целью работы является оценка параметров КВВ с использованием полнонелинейных и приливных моделей и их сопоставление с данными натуральных измерений.

Натурные измерения были выполнены в акватории Чукотского моря. В модельных расчетах используются данные STD-зонда SBE-911 и ADCP Workhorse Monitor 300 кГц. Основным расчетным инструментом стало численное решение нелинейного волнового уравнения Дюбрей–Жакотен–Лонга для стационарных волн в стратифицированной жидкости. Для исследования механизма генерации КВВ была использована глобальная приливная модель ТРХО (Arct5km2018), представляющая собой решетчатую аппроксимацию приливного поля, основанную на гармоническом разложении приливных составляющих. Для проверки результатов использовались данные MSS-90L, TRAVuoy, TRArctic.

Расчеты по модели DJL показали, что максимальные амплитуды КВВ в Чукотском море достигают 15 м, а фазовые скорости варьируются от 0,2 до 0,7 м/с. Наибольшие амплитуды наблюдаются в южной части моря и каньоне Геральда. Сравнение с натурными данными на примере отдельной станции показало, что модельные оценки амплитуд (до 10 м) имеют порядок, сопоставимый с наблюдаемыми колебаниями изотерм (до 5 м).

Далее на основе выполненных измерений была проведена оценка значений безразмерного числа Фруда, позволяющего оценить вклад механизма генерации КВВ по запрепятственному типу. По результатам полученных значений было построено мгновенное поле Фруда, демонстрирующее распределение величин в диапазоне от 0 до 1,2. Анализ карты, позволяющий выделить районы, где потенциально возможно обнаружение пакетов короткопериодных внутренних волн показал, что критические значения ($Fr \sim 1$) наблюдаются локально, преимущественно на западном склоне банки Геральда.

Для сравнения выполнен расчет поля Фруда, произведенный при помощи глобальной приливной модели ТРХО (версия Arct5km2018). Сопоставление с расчетами на основе максимальных приливных скоростей из глобальной модели ТРХО указывает на потенциально более широкие зоны возможной генерации КВВ в критическом режиме, однако натурные измерения подтверждают, что такие условия реализуются эпизодически и сильно зависят от фазы прилива.

Полученные результаты подтверждают наличие областей интенсивной генерации короткопериодных внутренних волн, прежде всего в районе Берингова пролива, в прибрежной южной части моря и в районе каньона Геральда.

Исследование выполнено в рамках государственного задания FNNN-2024-0017, оценка параметров КВВ выполнена в рамках гранта РФФ №25-17-00309. Экспедиция на борту НИС «Профессор Мультиановский» организована в рамках всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение №075-03-2025-662/8).

Estimation of short-period internal wave parameters in the Chukchi Sea using fully nonlinear model and in situ data

Darenkova S.^{1*}, Kozlov I.², Kopyshov I.^{2,3}, Kurkina O.¹, Betke I.^{4,2}, Guliy G.⁵, Bulavinova V.⁶, Merkulova T.³

¹ Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

² Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol

³ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

⁴ Novosibirsk State University, Novosibirsk

⁵ Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow

⁶ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

* e-mail:darenkovas@mail.ru

Numerous surface signatures of short-period internal waves are observed in the Chukchi Sea, but satellites do not resolve their vertical structure. This study estimates wave amplitudes and phase speeds using fully nonlinear DJL and tidal models, and validates results with in-situ CTD, ADCP, and microstructure measurements from regional field campaigns.

Сибирское Прибрежное течение в Чукотском и Беринговом морях в сентябре 2025 года

Малых М.К.^{1*}, Дёминова Т.А.², Меркулова Т.С.², Беликов Д.Н.¹, Фрей Д.И.³, Осадчиев А.А.^{2,3}, Степанова Н.Б.²

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный

³ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

* e-mail: masha.malykh@gmail.com

В данной работе рассматривается Сибирское Прибрежное течение (СПТ), которое представляет собой вдольбереговое плотностное течение, формируемое стоком реки Лены и других рек Восточной Сибири, а также водами, образующимися при таянии морского льда (эту водную массу для простоты мы будем называть «плюм Лены») (Osadchiev et al., 2021; 2024). Измерения СПТ редки, спутниковые наблюдения осложнены его небольшой шириной и приуроченностью к берегу. По этой причине до сих пор остаются неизученными факторы, определяющие дальность распространения СПТ, а также особенности его поведения.

Натурные измерения, использованные в этой работе, проводились во время рейса ПУ МФТИ-ИО РАН на НИС «Профессор Мультиановский» в период с 7 по 19 сентября 2025 года в северной части Берингова моря и юго-западной части Чукотского моря (в том числе в Беринговом проливе) с помощью STD-зонда SBE911.

На основе натурных измерений было построено вертикальное распределение солёности в каньоне Геральда, у юго-западного берега Чукотского моря, в Беринговом проливе и в северной части Берингова моря. Опресненный поверхностный слой, сформированный СПТ, затекающим из Восточно-Сибирского моря через пролив Лонга, хорошо выделяется на разрезе у юго-западного берега Чукотского моря. Разрезы, сделанные восточнее вдоль юго-западного побережья Чукотского моря, позволяют отследить распространение СПТ вдоль берега вплоть до Берингова пролива. Опресненный поверхностный слой также присутствует на разрезах, сделанных в Беринговом проливе и в северной части Берингова моря. Из-за того, что СПТ прослеживается вдоль всего юго-западного побережья Чукотского моря, можно предположить, что именно СПТ является источником формирования опреснения в данной области. На разрезе в каньоне Геральда также хорошо заметен опресненный поверхностный слой. Опреснение такой толщины по своим термохалинным характеристикам похоже на характеристики плюма Лены в Восточно-Сибирском море.

По натурным данным, полученным в экспедиции ПУ МФТИ-ИО РАН, было установлено, что в сентябре 2025 года плюм Лены распространялся на восток из Восточно-Сибирского в Чукотское море как вдоль материкового берега (т. е. формировал Сибирское Прибрежное течение), так и к северу от острова Врангеля. В северо-западной части Чукотского моря поверхностное опреснение занимало всю акваторию каньона Геральда, в юго-западной части Чукотского моря поверхностное опреснение формировало узкую вдольбереговую полосу, которая достигала Берингова пролива и северной части Берингова моря.

Проект выполняется при поддержке Всероссийской научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-03-2025-662/8), проектов РНФ 23-17-00087 и 25-27-00335

Siberian Coastal current in Chukchi and Bering seas in September of 2025

Malykh M.^{1*}, Deminova T.², Merkulova T.², Belikov D.¹, Frey D.³, Osadchiev A.^{2,3}, Stepanova N.²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: masha.malykh@gmail.com

This work examines the Siberian Coastal Current (SCC), a coastal density current formed by East Siberian rivers discharge and sea-ice meltwater. Scarce measurements and observational challenges leave key questions unresolved: the factors controlling its propagation range and the causes of its mixing and disappearance in the Chukchi Sea.

Analysis of the cyclonic vortex structure on the shelf of the Chukchi Sea using contact and remote measurements

Betke I.^{1,2*}, Kozlov I.², Malyshkin T.³, Guliy G.⁴, Kopyshov I.^{2,5}, Shutov S.², Shcherbachenko S.²

¹ Novosibirsk State University, Department of Physics, Novosibirsk

² Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol

³ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow

⁴ Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow

⁵ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

* e-mail: betkeigor@gmail.com

Mesoscale and submesoscale eddies are known to influence vertical heat transfer, nutrient transport, and phytoplankton distribution. This is particularly relevant for the Arctic Ocean, where density stratification is largely controlled by salinity. The complex current structure and sharp density gradients in the Chukchi and Beaufort Seas, known for high eddy occurrence in satellite data, have seen limited in-situ measurements, especially in the western Chukchi Sea.

This study describes the eddy dynamics of a mesoscale cyclone investigated on September 14–15, 2025, southeast of Wrangel Island. Measurements were taken at 13 stations along two cross sections. A microstructure probe (MSS-90L) was used to measure temperature, salinity, and turbulent parameters, allowing calculation of the turbulent kinetic energy dissipation rate (ϵ) and the diapycnal diffusion coefficient (K_z). Vertical heat flux (FH) was also estimated. Additional data included current velocity from an ADCP, water samples, satellite radar imagery (Sentinel-1), and altimetry-derived geostrophic currents (CMEMS).

Results show a cyclonic circulation in the study area. Satellite imagery revealed surface manifestations of eddy structures with diameters under 10 km, close to the local Rossby deformation radius of 8.4 km. The ship's drift during station operations also indicated cyclonic flow.

The thermohaline structure showed a warm core at 20–40 m depth and an uplifted pycnocline, indicating upwelling. This uplift was more pronounced (up to 6 m) on the zonal section, likely influenced by nearby Pacific water masses. T-S diagrams identified at least three distinct water masses: cold, salty Pacific Winter Water (below 40 m), a warm core of Pacific Summer Water, and a fresh surface layer of meltwater. The eddy appeared to drive active mixing between these layers.

Turbulent characteristics were enhanced at the eddy boundary, with ϵ reaching $10^{-7.5}$ W/kg, compared to a background of 10^{-10} W/kg. The primary heat flux was directed towards the deep Pacific Winter Water. While the absolute values were modest (< 5 mW/m²), integrated over the 20 km diameter core, this translates to a total heat flux of at least 3 MW.

ADCP data revealed significant cyclonic upwelling, with vertical velocities of 5–6 cm/s in the upper 25 m. This was supported by a 1.5–2 times increase in surface nutrient concentrations (phosphorus, silicon, nitrogen). However, chlorophyll fluorescence was 2–3 times lower over the eddy's center, suggesting upwelling was bringing phytoplankton-poor water to the surface.

The study of the vortex structure and measurements of the turbulent characteristics of waters were carried out within the framework of the Russian Science Foundation grant No. 25-17-00309. The expedition aboard the NIS “Professor Multanovsky” was organized within the framework of the All-Russian Scientific and Educational program “Floating University” (Agreement No. 075-03-2025-662/8).

Сравнительный анализ транспортных схем для моделирования дрейфа морского льда в климатической модели INMCM6

Ежкова А.А.^{1,2,3}, Оноприенко В.А.¹, Благодатских Д.В.¹, Яковлев Н.Г.^{1,2}*

¹ Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Москва

² Московский центр фундаментальной и прикладной математики при ИВМ РАН, Москва

³ Московский физико-технический институт, Долгопрудный

* e-mail: alisa.ezh@yandex.ru

Моделирование дрейфа морского льда представляет собой сложную задачу из-за необходимости учитывать сложные геометрии, резкие градиенты концентрации и толщины льда, а также сохранять положительность и монотонность решений. В работе проведен сравнительный анализ различных конечно-разностных транспортных схем, включая классический метод первого порядка против потока, схемы коррекции потоков (FCT) с различными лимитерами, а также схему CABARET, ранее не применявшуюся для задач переноса морского льда.

Особое внимание уделено точности, устойчивости и физической достоверности результатов. Схема FCT с прелимитерами Бориса и Бука показала наибольшую устойчивость при долговременных расчетах, тогда как схема CABARET продемонстрировала преимущества в сохранении мелкомасштабных открытых водных структур, что критично для моделирования взаимодействия льда с атмосферой и океаном.

Проведены тесты на идеализированных случаях, включая задачи с дисками Залесака и потоками в каналах различной ширины. Результаты показали, что схема CABARET обеспечивает наилучшее сохранение формы распределений и минимизацию числовой диффузии, особенно при малых числах Куранта. В то же время FCT-схемы с различными лимитерами продемонстрировали хорошие результаты по монотонности, но уступали CABARET в точности воспроизведения резких градиентов.

На основании анализа рекомендовано использовать схему CABARET для моделирования дрейфа морского льда. Эта схема оптимально сочетает точность, устойчивость и вычислительную эффективность, что особенно важно для долговременных интеграций и моделирования климатических процессов в Арктике.

Проект выполнен при поддержке Московского центра фундаментальной и прикладной математики при ИВМ РАН (Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2025-347) и с использованием ресурсов вычислительной системы «Исток» МГУ.

Assessing transport schemes for sea ice modelling in the INMCM6 Earth system model

Ezhkova A.^{1,2,3}, Onoprienko V.¹, Blagodatskikh D.¹, Iakovlev N.^{1,2}*

¹ Marchuk Institute of Numerical Mathematics RAS, Moscow

² Moscow Center of Fundamental and Applied Mathematics at INM RAS, Moscow

³ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

* e-mail: alisa.ezh@yandex.ru

We compared finite-difference transport schemes for sea ice modelling, focusing on accuracy, stability, and physical fidelity. The FCT scheme with Boris and Book pre-limiters proved most robust for long-term integrations, while CABARET excelled in preserving fine-scale open-water features. CABARET scheme proved superior in tests, becoming the default recommendation.

Characteristics of polar mesocyclones in Kara and Barents Sea using numerical modelling data

Nikitenko-Valiakhmetov M.^{1,2*}, Koshkina V.^{1,3}, Gavrikov A.¹, Ezhova E.^{1,3}

¹ Shirshov Institute of Oceanology RAS (IO RAS), Moscow

² Saint Petersburg State University, Department of Oceanology, Saint Petersburg

³ Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), Dolgoprudny

* e-mail: shagur-matveyy@mail.com

Polar Mesocyclones (PMCs) are extreme short-lived mesoscale coherent vortex structures (CVS), developing in cold air outbreak over a relatively warm sea surface: mostly at high latitudes in the vicinity of the ice edge. Studying them is crucial to understanding the Arctic climate, predicting hazards and ensuring safety of navigation. Direct observation of PMCs is difficult due to their small size and short lifetime, which limits the capabilities of even modern satellite systems (Moreno-Ibáñez et al., 2021). Therefore, numerical models and reanalyses have become the key tool of their detection and research (Laffineur et al., 2014). Thus, in recent studies (Stoll et al., 2018, 2021) with the help of modern ERA5 reanalysis, a database of PMCs was created and their intrinsic characteristics (metrics) were proposed. However, fundamental difficulties remain: reanalyses' resolution adequately reproduces only the large-scale PMCs. Moreover, there is still no universally accepted method of their identification in the scientific community.

The main focus of this study is the analysis of the diversity of polar CVSs, development of their primary classification (with subsequent selection of the subtype PMC) based on their physical characteristics and conditions of genesis (for the following application in the automatic identification system of PMCs in modelling results). For this, to the results of the numerical experiment of the WRF-ARW model with a spatial resolution of 6 km, a Rortex criterion (Liu et al., 2018) was applied to identify CVSs (vortices) in the atmosphere. The result is validated with open databases of PMCs (Stoll et al., 2021; Rojo et al., 2019). Afterwards, for each vortex a wide range of parameters was calculated: from classical PMC metrics to the original thermodynamic, kinematic and geometrical characteristics.

The selection of PMCs from the whole set of CVSs is then made. The key step for identifying the internal structure of diversity in PMCs is a cluster analysis K-means (Likas A et al., 2003) applied to the abovementioned multidimensional feature space. This analysis will make it possible to objectively isolate statistically distinct groups of vortices, each of which presumably corresponds to a certain type of CVS with a unique combination of thermodynamic conditions, dynamic properties and evolutionary mechanisms. Thus, the work is aimed at moving from a descriptive classification to a quantitative, data-based classification, which is an important step towards the fundamental task of creating a unified climatology of the polar CVS.

The research was funded by the RSF (No. 24-27-00404).

Пространственное распределение океанологических характеристик в губе Кереть Белого моря в начале летнего сезона

*Космакова Е.С. *, Хохлова Д.А., Смагин Р.Е.*

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра океанологии, Санкт-Петербург

* e-mail: kosmakova72@yandex.ru

Представлены результаты измерений на океанологических разрезах, проведенных в губе Кереть Канда拉克шского залива Белого моря в июне 2025 года, собранных в ходе специальной учебной практики. Цель работы - изучение гидрологического режима при переходе от весны к лету, с учетом сезонных особенностей стока р. Кереть. Всего было сделано 3 разреза по 8 точкам, охватывающим речную и мористую части губы. Океанологические разрезы выполнялись по направлению от пролива Сухая Салма до русловой части реки Кереть. В ходе работ производилось STD зондирование, отбор поверхностных проб воды (соленость, желтое вещество, кремний) и измерения прозрачности.

Анализ данных солености выявил четкую границу распространения пресных вод в средней части разреза. Наблюдалась выраженная тенденция увеличения солености по мере удаления от устья реки. Ближе к устью выделяется мощный верхний слой распресненной воды, что типично для этого периода года. Во время отлива эти воды доминируют и в мористой части губы.

Анализ профилей температуры воды позволил выделить прогретый поверхностный слой (1–1,5 м). Наиболее теплые воды (максимум до 16,5 °С) наблюдались на поверхности в точках, ближайших к устью реки. Важной особенностью расслоения вод в губе Кереть являются холодные (1,5 °С) и довольно соленые воды (27 PSU) на глубинах свыше 25 м. Их наличие указывает на недостаточное перемешивание при формировании летней стратификации. На акваториях с меньшими глубинами на вертикальное распределение температуры оказывает влияние активное ветровое и приливное перемешивание.

Концентрация желтого вещества снижается от речной к морской части, что подтверждает предположение о его материковом происхождении. Резкое уменьшение желтого вещества в средней части разреза свидетельствует о переходе от речного к морскому влиянию. Смещение зон резких изменений солености и желтого вещества в сторону моря связано с фазами прилива (первый разрез – прилив, последующие – отлив), при этом экстремумы значений солености и желтого вещества находятся в противофазе. Концентрация кремния, измеренная во втором разрезе, показала аналогичную тенденцию, снижаясь от максимальных значений (устье р. Кереть) в сторону моря.

Полученные данные позволяют судить, что в июне в губе Кереть наблюдается формирование устойчивой летней стратификации, а особенности этого процесса тесно связаны с изменением гидрологического режима реки Кереть. Выявлено значительное влияние приливов на распространение вод различного происхождения и термохалинную структуру водной толщи.

Spatial distribution of oceanological characteristics in Keret Bay, White Sea, at the beginning of the summer season

*Kosmakova E. *, Khokhlova D., Smagin R.*

Saint Petersburg State University, Department of Oceanology, Saint Petersburg

* e-mail: kosmakova72@yandex.ru

This research examined oceanographic characteristics in Keret Bay, during early summer 2025. Salinity, yellow substance, silicon, and temperature were analyzed. The results show the presence of a distinctly highly desalinated surface water layer. It was noted that the phases of the tides significantly affect the distribution of water masses.

Некоторые результаты теплобалансовых наблюдений в губе Кереть Белого моря

Маховиков А.Д.^{1*}, Печенкин А.А.², Перцовская В.К.¹, Котикова П.А.¹, Дуганова В.А.³, Смагин Р.Е.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра океанологии, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт Наук о Земле, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра климатологии и мониторинга окружающей среды, Санкт-Петербург

* e-mail: alexmakhovikov@gmail.com

С 18 по 27.08.2025 г. в губе Кереть (о. Средний) проводился натурный микроклиматический эксперимент (теплобалансовые наблюдения), при этом приходная составляющая (радиационный баланс) определялась путем вычисления эмпирических значений по «Океанографическим таблицам», оценка одной из расходных составляющей (турбулентный поток тепла) через определение эффективного перепада температуры на границе «вода–воздух». Градиентные измерения температур воды и воздуха, характеристик ветра, наблюдения за атмосферным давлением и облачностью выполнялись 4 раза в сутки (в 01:00, 07:00, 13:00, 19:00 по местному времени).

Расчетные величины приходной части теплового баланса соответствовали общей закономерности для данной широты. Максимальные значения приходились на дневное время (13:00) и при малой облачности (< 3 баллов) достигали 0,5–0,6 кал×см²/мин. С увеличением облачности эти величины уменьшались до 0,4 кал×см²/мин. На сроках 07:00 и 19:00 и вне зависимости от балла облачности они не превышали 0,2–0,3 кал×см²/мин.

С учетом небольших значений скорости ветра в приповерхностном слое воздуха расходная часть теплового баланса оценивалась через величины эффективного перепада температуры $\Delta T_{эфз}$. Температура поверхностного слоя воды в течение 10-дневного периода наблюдений (18–27.08.2025) снижалась (утрачивала запас тепла). В начале эксперимента температура этого слоя была около 18 °С, к концу наблюдений – 15 °С. Суточный ход температуры воды был выражен слабо, но в суточном ходе температуры воздуха размах колебаний значений в отдельные сутки достигал 12–13 °С, что обуславливалось баллом облачности. В редкие ясные ночи температура воздуха понижалась до минимальных значений (5–6 °С).

Очевидно, что эффективный перепад температуры $\Delta T_{эфз}$ ($z \sim 0,5$ м) во многом зависит не столько от теплозапаса верхнего слоя воды, сколько от температуры приповерхностного слоя воздуха. Положительные значения $\Delta T_{эфз}$ свидетельствуют о потоке тепла от воды к воздуху, отрицательные — в обратную сторону. Максимальное положительное значение $\Delta T_{эфз}$ (+13,0 °С) было отмечено для безоблачных условий (ночь 19.08.2025), максимальное отрицательное — днем 22.08.2025 (–6,7 °С). При малых скоростях ветра и выравнивании температур воды и воздуха были часты случаи термодинамического равновесия ($\Delta T_{эфз} \sim 0$).

Вторая половина августа, как время перехода от климатического лета к климатической осени для данного района Белого моря, может характеризоваться постепенной потерей накопленного тепла верхним слоем воды. В случае теплых дней и небольшой повторяемости северных ветров на границе «вода-воздух» может наблюдаться равновесное термодинамическое состояние.

Some results of heat balance observations in the Keret Bay, White Sea

Makhovikov A.^{1*}, Pechenkin A.², Pertsovskaya V.¹, Kotikova P.¹, Duganova V.³, Smagin R.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Oceanology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Climatology and Environmental Monitoring, Saint Petersburg

* e-mail: alexmakhovikov@gmail.com

In August 2025, heat balance observations in Keret Gulf studied the water-air interface. Calculations of radiation balance and temperature gradient (ΔT_{effz}) showed daily flux patterns, heat loss from water, and frequent equilibrium states, illustrating the transition from summer to autumn conditions in the White Sea region.

Первичная продукция в проливе Средняя Салма Белого моря (по результатам измерений в августе 2025 г.)

Перцовская В.К.^{1}, Котикова П.А.¹, Дуганова В.А.², Смагин Р.Е.¹, Петросян Н.В.¹*

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра океанологии, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра климатологии и мониторинга окружающей среды, Санкт-Петербург

* e-mail: varyapercovskaya@gmail.com

Работа описывает временную динамику первичной продукции по результатам натуральных измерений, проводившихся в период с 23 по 27 августа 2025 г. близ МБС СПбГУ на острове. Средний в проливе Средняя Салма Керетской губы Кандалакшского залива Белого моря. Данная акватория представляет особый интерес из-за выраженных приливно-отливных процессов и разнообразия термохалинных условий (Люция Белого моря, 1983). Для изучения первичной продукции район интересен также из-за взаимодействия речного стока с морскими водами, здесь создаются динамичные условия, влияющие на продуктивность фитопланктона и формирование биологических ресурсов (Раилкин и др., 2012; Бергер, Сухотин, 2010). Целью исследования являлось изучение динамики изменения первичной продукции фитопланктона за рассматриваемый период.

В ходе исследования было выявлено, что первичная продукция фитопланктона в изучаемом районе подвержена выраженной вертикальной неоднородности. Измерения проводились кислородным методом, склянки экспонировались в течение суток на двух горизонтах (таким образом, учитывались разные условия: свет/темнота, разные глубины) (Примаков и др., 2010) и позволили установить явную зависимость процессов от глубины и времени. Так, 22.08.2025 в поверхностном слое валовая первичная продукция (ВПП) составила 259,4 мгС/м³×сут, а чистая первичная продукция (ЧПП) — 178,6 мгС/м³×сут. В то же время, на горизонте 1,5 м, ВПП составила лишь 6,2 мгС/м³×сут, а ЧПП имела отрицательное значение -3,5 мгС/м³×сут, что может указывать на низкую продуктивность и деструкцию в данных условиях.

Анализ временной динамики выявил значительные колебания. Например, 24.08.2025 в поверхностном горизонте ВПП достигла 292,7 мгС/м³×сут, а ЧПП — 242,6 мгС/м³×сут. Однако уже 25.08.2025 на горизонте 1,5 м ВПП показала отрицательное значение -117,4 мгС/м³×сут, а ЧПП упала до -414,1 мгС/м³×сут, при этом деструкция (Д) составила 296,7 мгС/м³×сут. Эти данные свидетельствуют о значительной изменчивости активности фитопланктона и интенсивности деструкционных процессов. В период с 21.08.2025 по 27.08.2025, средние значения температуры поверхностного слоя воды колебались от 13,4 °С до 15,2 °С, что также оказывало влияние на скорость биохимических реакций.

На основе анализа выявлена высокая краткосрочная и вертикальная изменчивость первичной продукции. В поверхностном слое фиксируется активный фотосинтез, тогда как на глубине 1,5 м часто преобладают деструкционные процессы, о чем свидетельствуют отрицательные значения ЧПП. Наблюдаемые резкие колебания показателей, включая переходы к гетеротрофному режиму, обусловлены комплексным влиянием динамичных гидрологических условий (приливно-отливные процессы, стратификация) и изменений факторов среды в изучаемой акватории.

Primary production in the Srednyaya Salma strait of the White sea (based on measurement results in August 2025)

Pertsovskaya V.^{1}, Kotikova P.¹, Duganova V.², Smagin R.¹, Petrosyan N.¹*

¹ Saint Petersburg State University, Department of Oceanology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Climatology and Environmental Monitoring, Saint Petersburg

* e-mail: varyapercovskaya@gmail.com

We studied primary production in the Srednyaya Salma Strait (White Sea) in August 2025. Spatiotemporal variability was significant, with depth-stratified zones showing negative net oxygen production, indicating active decomposition. These findings highlight the high dynamic variability of ecosystem metabolic processes in this coastal area.

Воспроизведение гидрофизических характеристик Белого моря с помощью модели морской циркуляции INMOM на суперкомпьютере Ломоносов-2

Пономарев В.К.^{1*}, Багатинский В.А.^{1,2,3,4}, Дианский Н.А.^{1,2,3}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва

² Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Москва

³ Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Москва

⁴ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

* e-mail: ponomarev.vk21@physics.msu.ru

Белое море отличается сложной гидрофизической структурой, включая приливы, течения и температурные режимы, что создает уникальные условия для научных наблюдений.

Белое море славится мощными приливами, высота которых в среднем составляет от 1 до 3 метров. Самые высокие приливы (до 10 метров) наблюдаются в Мезенском заливе, что делает этот регион привлекательным для строительства приливных электростанций. Приливы играют важную роль в жизни морских экосистем и оказывают значительное влияние на различные виды хозяйственной деятельности. Поэтому понимание основных приливных характеристик важно как для прибрежной зоны моря, так и для его глубоководных частей.

Цель работы — реализовать модель морской циркуляции INMOM для Белого моря на суперкомпьютере Ломоносов-2 с целью расчета его гидрофизических характеристик.

В работе используется российская σ -модель морской циркуляции INMOM, в основе которой лежит система уравнений морской гидротермодинамики, записанных в приближении гидростатики и Буссинеска. Эти уравнения представлены в обобщенных сферических ортогональных координатах по горизонтали и в σ -системе координат по вертикали. Прогностическими переменными являются отклонение уровня моря от невозмущенной поверхности, температура, соленость, составляющие скорости течений. Для проведения расчетов была реализована модельная область для акватории Белого моря с граничными условиями, заданными на жидкой границе.

Версия модели INMOM для Белого моря реализована в повернутой криволинейной сферической системе координат. Полюса сеточной области расположены западнее Черной губы Кандалакшского залива и на юге города Архангельска. Пространственное разрешение модели составляет от 100 до 250 метров в районе Черной губы, с удалением от которой оно ухудшается и достигает 4 километров в Мезенском заливе. По глубине заданы 33 σ -уровня, сгущающиеся у свободной поверхности. Шаг выдачи результатов в модели — 1 час.

Соленость и температура задавались в виде трехмерных среднемесячных значений, полный уровень моря — в виде ежедневных данных из глобального анализа и прогноза службы мониторинга морской среды CMEMS. В работе также построена батиметрия на основе навигационных карт, массива данных GEBCO_2021 и измерений, выполненных во время летней выездной практики на ББС МГУ. Моделирование проводилось для июня-августа 2024 года.

В рамках данного исследования мы верифицировали модель Белого моря, опираясь на данные наблюдений в различных его частях путем выбора оптимальных параметров вертикального турбулентного перемешивания. Полученные результаты могут быть использованы для работы модели в оперативном режиме для краткосрочного прогноза гидрофизических характеристик на период от 3 до 5 суток.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-17-00267П).

The reproduction of the hydrophysical characteristics of the White Sea using the INMOM model of marine circulation on the Lomonosov-2 supercomputer

Ponomarev V.^{1*}, Bagatinsky V.^{1,2,3,4}, Diansky N.^{1,2,3}

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Moscow

² Marchuk Institute of Numerical Mathematics RAS, Moscow

³ Zubov State Oceanographic Institute, Moscow

⁴ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: ponomarev.vk21@physics.msu.ru

The INMOM σ -model for the White Sea was run on a Lomonosov-2 supercomputer using CMEMS data for the period June–August 2024. The results obtained can be used to operate the model in operational mode for short-term forecasting of hydrophysical characteristics for a period of 3 to 5 days.

ПАРАЗИТОЛОГИЯ
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Эндосимбиотические турбеллярии: недооцененные плоские черви нашей шарообразной планеты

Белолобская К.И.^{1*}, *Кремнев Г.А.*², *Крапивин В.А.*^{1,3}, *Савченко А.С.*⁴, *Скобкина О.А.*^{3,5}, *Крупенко Д.Ю.*^{2,3}

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

⁴ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

⁵ Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: 5beloks@gmail.com

Плоские черви неоднократно и независимо становились симбионтами. И, хотя самым известным примером является специализированная паразитическая группа Neodermata, среди турбеллярий также есть немало симбиотических таксонов.

Взаимодействие турбеллярий с хозяевами варьирует в широком диапазоне: от комменсализма до облигатного паразитизма, иногда приводящего к гибели хозяина, и даже гиперпаразитизма. Симбиотические турбеллярии обитают как в беспозвоночных, так и в позвоночных животных. Примечательно, что даже немногочисленные известные примеры указывают на разнообразии трофических стратегий, физиологических и поведенческих адаптаций к симбиозу, способов размножения и заражения хозяина среди симбиотических турбеллярий.

Наше исследование сфокусировано на эндосимбионтах (преимущественно, пищеварительной системы) брюхоногих моллюсков из семейства Graffillidae. Так, мы выявили ассоциации турбеллярий с гастроподами семейств Buccinidae, Naticidae, Margaritidae, Rissoidae. Практически все эти симбиозы являются новыми для науки. Применение молекулярно-генетических и морфологических методов позволило пролить свет на систематику, филогению и распространение группы. Мы продемонстрировали, что вид *Graffilla buccinicola* обладает чрезвычайно широким ареалом (от Балтийского до Японского моря) и неожиданно широким спектром хозяев, который включает моллюсков из разных таксонов, демонстрирующих разный тип питания. Также мы выявили 4 новых вида турбеллярий из моллюсков *Graffilla* sp. 1 (из *Cryptonatica affinis*, *Euspira pallida*), *Graffilla* sp. 2 (из *Buccinum scalariforme*), *Graffilla* sp. 3 (из *C. affinis*), *Graffilla* sp. 4 (из *Neobuccinum* sp.). В том числе обнаружили филогенетическую связь между арктическими и антарктическими турбелляриями (*Graffilla* sp. 3 и 4).

Основываясь на анализе имеющихся литературных данных, а также наших результатов, мы полагаем, что таксономическое разнообразие и спектр жизненных стратегий турбеллярий сильно недооценены.

Endosymbiotic turbellarians: the underestimated flatworms of our spherical world

Beloliubskaja K.^{1*}, *Kremnev G.*², *Krapivin V.*^{1,3}, *Savchenko A.*⁴, *Skobkina O.*^{3,5}, *Krupenko D.*^{2,3}

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

² Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

⁴ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

⁵ Institute of Cytology RAS, Saint Petersburg

* e-mail: 5beloks@gmail.com

Apart from the well-known Neodermata, symbiotic lifestyles independently evolved in several turbellarian taxa. We studied gastropod endosymbionts of the family Graffillidae. Our integrative analysis reveals that *Graffilla buccinicola* has a vast geographic and host range. We discovered four new species, which highlights how underestimated the diversity of this group is.

Транспозоны и длинные некодирующие РНК в геномах и транскриптомах церкарий трематоды *Himasthla elongata* (Digenea, Himasthliidae) с разной реакцией на свет

Смолянинова А.Р.^{1*}, Федоров Д.Д.², Соловьева А.И.^{1,2}

¹ Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: sar28sir14@gmail.com

Значительная часть геномов эукариот состоит из повторяющихся последовательностей, включая мобильные элементы (TE, Transposable Elements) и длинные некодирующие РНК (lncRNA, long non-coding RNA). Они тесно связаны и оказывают существенное влияние на структуру и активность генов, эпигенетическую регуляцию и клеточные сигнальные пути. Транспозоны и lncRNA могут активировать свою транскрипцию в ответ на стресс, выступая ключевыми факторами, регулирующими транскрипционный ответ на изменения среды. Однако роль TE и lncRNA в адаптации трематод к разнообразным условиям среды остается недостаточно изученной. Перспективной моделью для исследования является морская трематода *Himasthla elongata* (Himasthliidae). Доступная черновая сборка генома, транскриптомы трех стадий жизненного цикла (редия, церкария и метацеркария), база повторов и данные о поведении церкарий в разных абиотических условиях (освещенность, соленость, температура, pH) позволяют соотнести фенотипические проявления с предполагаемыми молекулярными механизмами регуляции. В рамках этого исследования основной акцент сделан на корреляции молекулярных различий с вариабельностью фоточувствительности церкарий.

С помощью программы RepeatExplorer2 проведен кластерный анализ сырых прочтений геномов церкарий *H. elongata* с разной реакцией на свет. Анализ выявил 170 кластеров повторов, включающие подклассы LINE, Ту3_gypsy, Bel-Pao, Satellite, 45S_rDNA, Penelope и Unknown, демонстрирующих значительные количественные различия между церкариями с положительной и отрицательной реакцией на свет. Наиболее выраженные различия демонстрируют транспозоны HE607#LTR/Pao, HE524#LTR/Gypsy, HE282#Unknown и HE27#Unknown, их значительно больше в геномах церкарий с положительной реакцией на свет. Экспериментальная проверка с помощью ПЦР в реальном времени подтвердила достоверные различия в копийности этих повторов. Анализ транскриптомов церкарий с разной реакцией на свет также выявил ряд повторов (LTR/Gypsy, Satellite) и 7 lncRNA, значимо различающихся по уровням экспрессии. Кроме того, методом ПЦР в реальном времени подтвердили результаты *in silico* анализа для последовательности lncRNA NODE_18244, имеющей высокий уровень экспрессии у церкарий с отрицательной реакцией на свет.

Различия в копийности и экспрессии идентифицированных TE и lncRNA указывают на их возможное участие в регуляции механизмов фоточувствительности церкарий *H. elongata*. Такой механизм, по-видимому, способствует фенотипической пластичности личинок, важной для выживания и заражения следующего промежуточного хозяина двусторчатого моллюска *Mytilus edulis* (Mollusca, Bivalvia).

Работа выполняется при поддержке грантом РФФИ №23-14-00329.

Transposons and long non-coding RNAs in genomes and transcriptomes of *Himasthla elongata* (Digenea, Himasthliidae) cercariae with different responses to light

Smolianinova A.^{1*}, Fedorov D.², Solovyeva A.^{1,2}

¹ Institute of Cytology RAS, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

* e-mail: sar28sir14@gmail.com

We found that *Himasthla elongata* cercariae with differing light responses have significant quantitative differences in transposon and lncRNA composition. Experimental qPCR confirmed statistically significant variations in copy number and expression for HE607#LTR/Pao, HE524#LTR/Gypsy, HE282#Unknown, HE27#Unknown, and lncRNA NODE_18244, consistent with *in silico* results.

Зараженность личинок речной миноги *Lampetra fluviatilis* (Linnaeus, 1758) дигенеей *Diplostomum petromyzifluviatilis* Müller (Diesing, 1850) в некоторых реках Ленинградской области

Бакулина Д.Ю.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

* e-mail: bakulina.05@inbox.ru

В процессе онтогенеза миноги претерпевают метаморфоз, затем реализуют одну из жизненных стратегий, главным образом, анадромную или резидентную. Выбор стратегии обусловлен совокупностью факторов, влияющих на миног на протяжении их личиночного развития. Влияние паразитов на морфологию, поведение или выбор жизненной стратегии миног пока не выявлено. Для развития этого направления требуется накопление фактологической базы.

На личиночной стадии миноги могут стать вторыми промежуточными хозяевами *Diplostomum petromyzifluviatilis* (Trematoda; Diplostomidae), метацеркарии которого паразитируют преимущественно в мозге личинок. Вероятнее всего, метацеркарии попадают в организм вместе с пищевыми объектами, так как личинки живут в илисто-песчаном грунте рек и небольших водотоков и по типу питания являются фильтраторами. Первые промежуточные хозяева — брюхоногие моллюски, а дефинитивные — рыбоядные птицы.

Цель работы — анализ зараженности личинок миноги из рек Ленинградской области метацеркариями.

Сбор материала проводили на реках Волчья, Каменка, Кременка, Луга, Лынна, Назия, Островенка, Птичья, Ругала, Серебристая, Систа, Черная и Ютика.

Исследовано 357 пескороек (n = 6–42).

Паразитологические показатели в реках региона изменялись в широких пределах: экстенсивность заражения (0–100 %), индекс обилия (0–96,85), интенсивность заражения (0–96,86), параметр агрегированности (0–62,07).

В Систе экстенсивность заражения в апреле 2021 года составляла 64,5 % (n = 31), в 2023 — 0 % (n = 15), а в июле 2025 — 11,1 % (n = 9). В Лынне экстенсивность заражения держалась на высоком уровне — 100 % в 2024–2025 годах (n = 6 и 14). В июле 2014 (n = 15) года в Черной зараженных личинок не обнаружено, в сентябре 2014 г. (n = 17) в 70 % личинок найдены метацеркарии. В 2015 (n = 25) и 2016 (n = 15) годах экстенсивность заражения здесь составляла 20 % и 66 %. В Назии экстенсивность заражения возросла с 50 % в 2024 г. (n = 6) до 81 % в 2025 г. (n = 16). В Ютике экстенсивность заражения оставалась на одном уровне: 60 % в 2024 г. (n = 10) и 57 % в 2025 г. (n = 42). В Серебристой в 2015 г. (n = 25) не обнаружили зараженных личинок, но в 2017 г. (n = 15) экстенсивность инвазии составляла 6 %. В Кременке в 2018 г. (n = 6) экстенсивность заражения равнялась 16 %.

Миноги из 5 рек были свободны от *D. petromyzifluviatilis*.

Полученные данные показывают, что экстенсивность инвазии варьируется в разных реках, а также может отличаться в разные сезоны. Мы предполагаем, что это связано с двумя основными факторами: миграционной активностью пескороек (сезонная динамика) и обилием зараженных гастропод.

Проект выполняется при поддержке гранта РФФ 24-14-00111 (рук. Д.С. Павлов).

Infection of river lamprey *Lampetra fluviatilis* (Linnaeus, 1758) larvae with the digenea *Diplostomum petromyzifluviatilis* Müller (Diesing, 1850) in some rivers of the Leningrad Oblast

Bakulina D.

Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

* e-mail: bakulina.05@inbox.ru

This study analyzes the infection of European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) larvae with the trematode *Diplostomum petromyzifluviatilis* in rivers of the Leningrad Oblast. Data reveal significant spatial and temporal variation in infection rates (extensity 0–100 %, abundance index 0–96.85). Interannual dynamics are shown for the Sista and Chernaya rivers.

Анализ вариабельности молекулярных маркеров в популяции *Polymorphus phippii* (Acanthocephala: Polymorphidae) на севере Палеарктики

Унтилова А.А.^{1,2*}, Дюмина А.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, лаборатория по изучению паразитических червей и протистов, Санкт-Петербург

*e-mail: nasta.untik@gmail.com

Скребни *Polymorphus phippii* (Acanthocephala: Polymorphidae) — одни из наиболее распространенных паразитов гаг *Somateria molissima* на севере Палеарктики. В качестве промежуточных хозяев представители этого вида используют амфипод сем. Gammaridae. Ранее нами было показано, что популяционная структура *P. phippii* отлична от большинства полиморфид, у которых филогеографическая структура не выражена. Однако полученные результаты могут быть следствием ограниченной территории сбора материала. Для верификации полученных результатов и разрешения возникших противоречий необходимо уточнить уровень вариабельности используемых молекулярных маркеров и включить в анализ образцы *P. phippii* из удаленных локаций.

В рамках данной работы мы расширили географию сборов особей, включенных в анализ популяционно-генетической структуры *P. phippii* по гену *COI*, а также уточнили данные по вариабельности ITS-региона рДНК. В анализ были включены последовательности взрослых особей и цистакантов, собранных на побережье Белого (Кандалакшский залив), Баренцева (Восточный Мурман; Земля Франца-Иосифа) и Печорского морей.

Для 76 последовательностей *COI* *P. phippii* выявлено 29 гаплотипов, 22 из которых оказались уникальными. Сеть гаплотипов имеет звездообразную структуру. Добавление последовательностей цистакантов, собранных на побережье Земли Франца-Иосифа, не изменило структуру сети. Доминантный гаплотип включает особей из всех исследованных локаций. Остальные гаплотипы отделены от центрального 1–4 заменами. Более низкие значения разнообразия гаплотипов и нуклеотидов в сравнении с другими полиморфидами могут указывать на более низкую вариабельность этого маркера, однако также могут быть связаны с недавним прохождением популяции через бутылочное горлышко, возможно, при формировании в гляциальном рефугиуме.

У особей *P. phippii* обнаружена высокая вариабельность последовательности ITS-региона. Помимо точечных замен в последовательностях обнаружены два участка с делециями/инсерциями нуклеотидов в ITS1. Причем эта изменчивость связана не только с межорганизменной, но и с внутригеномной изменчивостью: в одном геноме встречаются как минимум 4 различных варианта последовательности (данные получены при анализе прочтений Illumina). Соответственно, ITS-регион не подходит для работы на популяционном уровне с представителями *P. phippii*, а в работе с другими скребнями необходимо крайне осторожно использовать данный маркер и дополнительно проверять наличие внутригеномной изменчивости.

Несмотря на наличие морфологических отличий, не выявлено значимых различий между образцами в последовательностях гена *COI* и ITS-региона, что указывает на отсутствие криптических видов среди исследованных образцов.

Ген *COI* и ITS-регион широко применяются в молекулярных исследованиях скребней, однако, возможно, эти маркеры не оптимальны для работы на внутривидовом уровне, поэтому требуется пересмотр используемых генов.

Работа выполнена на базе лаборатории по изучению паразитических червей и протистов Зоологического института РАН и Ресурсного Центра СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» за счет средств гранта РФФИ № 23-14-00329.

Analysis of molecular markers variability of the acanthocephalan *Polymorphus phippii* (Acanthocephala: Polymorphidae) from northern Palaearctic

Untilova A.^{1,2*}, Diumina A.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Parasitic Worms and Protists, Saint Petersburg

* e-mail: nasta.untik@gmail.com

We analyzed the variability of molecular markers (*COI* and ITS-region rDNA) in acanthocephalan *Polymorphus phippii*. The molecular diversity indices for the *COI* gene and the genetic distances between isolates of *P. phippii* were lower compared to other polymorphids. In contrast, the ITS region shows high variability, associated with intragenomic differences.

Helminth fauna in White Sea navaga *Eleginus nawaga* in winter

Logvinenko A.^{1*}, Gordeev I.^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Invertebrate Zoology Department, Moscow

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

* e-mail: andreylogv@yandex.ru

The navaga *Eleginus nawaga* is a keystone commercial species and one of the most abundant teleost fish in the White Sea. Its parasite fauna has been the subject of multiple studies (e.g., Shulman, 1956; Timofeeva & Marasaeva, 1988; Timofeeva, 1990; Logvinenko et al., 2024). Nevertheless, available data describes solely infection during the summer period. The aim of this study is to characterize the helminth fauna of navaga in winter. Specimens were collected in late winter (Feb 28 - Mar 06, 2024) from four locations: the Voronka of the White Sea [V] (n = 2), the Dvina River estuary area [D] (n = 27), and the Kolezhm Bay (Onega Bay) [K] (n = 6), and from Onega Bay opposite the village of Nyukhcha [N] (n = 50) on 16.02.2025. Frozen fish were subsequently dissected using standard parasitological methods. The winter helminth fauna was mainly comprised of parasites of the body cavity and the posterior intestine. The acanthocephalan *Echinorhynchus gadi* exhibited high prevalence (P: V 100 %, D 33.3 %, K 83.3 %, N 54.0 %), as did nematodes of the Ascaridomorpha group (P: V 100 %, D 18.5 %, K 100 %, N 78.0 %) and *Cucullanus cirratus* (P: K 100 %, N 2.0 %). The acanthocephalan *Corynosoma* sp. was also present (P: K 33.3 %, N 8.0 %). In contrast, only single specimens of trematodes typically inhabiting the stomach and pyloric caeca were found (e.g., *Podocotyle reflexa* P: K 16.7 %, N 2.0 %; *Hemiurus levinseni* P: V 100 %; *Derogenes* cf. *varicus* P: K 16.7 %; *Allopoisthocithum* cf. *salmonis* P: N 2.0 %; *Lepidapedon gadi* P: K 16.7 %). The same is true for cestodes (*Pyramicocephalus phocarum* P: V 100 %, Diphyllbothriidae gen. sp. P: N 2.0 %). Notably, no plerocercoids were found in the intestine wall. The observed winter fauna differs sharply from the summer one. The summer infection of this species is characterised by a high diversity and abundance of trematodes, including *L. gadi*, *H. levinseni*, *D. varicus*, *Brachyphallus crenatus* (Shulman, 1956; Timofeeva & Marasaeva, 1988; Timofeeva, 1990; Logvinenko et al., 2024), and in the Dvina Bay — *Aphanurus stossichii* (Timofeeva, 1990). We certainly can say that almost complete absence of these species in our winter samples could be a seasonal effect. The life cycles of some trematodes from navaga require planktonic crustaceans as the second intermediate hosts, whose activity and availability are dramatically reduced in winter.

Паразитофауна щетинкочелюстных Баренцева моря

Зуев Н.В.^{1*}, Артемьев Г.М.^{1,2}, Захаров Д.В.^{3,4}

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, кафедра зоологии и общей биологии, Казань

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

³ Зоологический институт РАН, лаборатория морских исследований, Санкт-Петербург

⁴ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

* e-mail: n56873248@gmail.com

Щетинкочелюстные являются одними из наиболее массовых представителей морского зоопланктона, поэтому они могут играть важную роль в трансмиссии паразитов в пелагических пищевых сетях. Из числа их паразитов были отмечены различные протисты, трематоды, цестоды, скребни, нематоды и ряд других организмов. Подробные исследования паразитофауны щетинкочелюстных были ранее выполнены Кулачковой (1972) в Кандалакшском заливе Белого моря, однако данные по другим арктическим морям ограничиваются единичными сообщениями. Целью настоящего исследования было изучить паразитофауну щетинкочелюстных в водах Баренцева моря. Материалом послужили притраловые сборы зоопланктона с 10 станций проводимые ПИНРО в январе и феврале 2022 г. С использованием стереомикроскопа было просмотрено 1904 экземпляров *Parasagitta elegans* и 478 экземпляров *Eukrohnia hamata*, произведены замеры длины тела и определены стадии зрелости щетинкочелюстных с целью охарактеризовать структуру популяции обоих видов на исследуемых станциях.

Паразиты были обнаружены только в *P. elegans*, в их числе метацеркарии трематод *Derogenes* sp. (3 экз.) и *Hemiurus levinseni* (12 экз.), личиночные стадии (L3) нематод *Contraecaecum* sp. (5 экз.) и *Hysterothylacium* sp. (2 экз.). Во всех случаях паразиты встречались единично в пределах хозяев, причем были заражены преимущественно крупные особи *P. elegans* в размерном диапазоне 19–36 мм. Кроме того, в *P. elegans* были обнаружены неопределенные протисты трех морфологических типов: 1) округлые цисты на поверхности в передней части тела; 2) бочонковидные цисты в полости тела и 3) овальные цисты в полости тела. Наши данные свидетельствуют о том, что *P. elegans* является более важным вектором в распространении этих паразитов нежели *E. hamata*, что может быть связано с различиями в питании двух видов, их вертикальными миграциями и другими особенностями поведения.

Работа была выполнена при поддержке РФФ (грант № 23-17-00121).

Parasite fauna of chaetognaths in the Barents Sea

Zuev N.^{1*}, Artemev G.^{1,2}, Zakharov D.^{3,4}

¹ Kazan Federal University, Department of Zoology and General Biology, Kazan

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

³ Zoological Institute, RAS, Laboratory of Marine Research, Saint Petersburg

⁴ Herzen State Pedagogical University, Saint Petersburg

*e-mail: n56873248@gmail.com

This study examined the parasite fauna of chaetognaths in the Barents Sea in January and February 2022. Two species of chaetognaths (*Parasagitta elegans* and *Eukrohnia hamata*) were inspected. Parasites were found only in *P. elegans*, including trematode metacercariae, nematode larvae (L3), and unidentified protists. Our results highlight the importance of chaetognaths in the transmission of these parasites in pelagic food webs.

Воздействие 5-гидрокситриптофана на подвижность и силу хвата ноги моллюсков рода *Littorina* (Gastropoda, Littorinidae)

Шапако К.С.^{1*}, Казанская Р.Б.^{2,3}, Лопачев А.В.³, Кочергина Н.А.^{1,4}, Репкин Е.А.^{1,4*}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра общей физиологии, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт трансляционной биомедицины, Санкт-Петербург

⁴ Ресурсный центр «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ, Санкт-Петербург

* e-mail: kshapako@gmail.com, erepkin53@gmail.com

Литторины — распространенные на побережьях морей Северной Европы моллюски, служащие промежуточными хозяевами для микрофаллидных трематод группы видов «*pygmaeus*». Примечательным эффектом заражения этими трематодами является изменение поведения моллюсков: зараженные особи во время отлива остаются на поверхности камней и талломов макрофитов, что делает их более легкой добычей для морских птиц — дефинитивных хозяев паразита (Галактионов, 1993; McCarthy et al., 2000). Эксперименты с повторным мечением раковин цветным лаком показали, что во время отлива зараженные особи предпочитают оставаться на поверхности камней, однако состав зараженных моллюсков на камнях меняется между отливами (Гранович, 1989). Несмотря на то, что описываемое явление известно давно, его механизмы на сегодняшний день не выявлены. Наши предыдущие эксперименты показали интенсификацию метаболизма серотонина в тканях моллюсков *Littorina obtusata*, зараженных трематодами *Microphallus pygmaeus* (Shapako et al., 2025), что указывает на возможный путь воздействия на поведение хозяина через серотонинергическую систему.

Цель данного исследования — проверка гипотезы о воздействии предшественника серотонина, 5-гидрокситриптофана (5-НТР), на вертикальную подвижность незараженных моллюсков *Littorina saxatilis* и *L. obtusata* и силу хвата ноги *L. saxatilis*. Мы предполагаем, что данное воздействие позволит воспроизвести у здоровых особей гастропод эффекты, наблюдаемые у зараженных трематодами особей.

Незараженным моллюскам, собранным на побережье Белого моря, трансдермально вводили 5-НТР и оценивали вертикальную подвижность: помещали на дно цилиндра, частично заполненного морской водой, после чего собирали и делили на группы в зависимости от пройденного вверх расстояния. Вероятность нахождения в более высокой зоне экспериментального сосуда после инкубации с 5-НТР увеличивалась для моллюсков обоих видов.

Оценка влияния 5-НТР на силу хвата ноги *Littorina saxatilis* была произведена при помощи динамометра. Литторинам с нитями, предварительно прикрепленными на раковину воском, трансдермально вводили вещество, затем давали прикрепиться к пластине динамометра, после чего отрывали от нее за нить. После инкубации с 5-НТР сила хвата ноги моллюсков *L. saxatilis* значимо снижалась в сравнении с контролем, что соответствует результатам предыдущих исследований на природных популяциях литторинид, зараженных трематодами (O'Dwyer et al., 2014).

Полученные результаты демонстрируют, что введение 5-НТР значимо увеличивает вертикальную подвижность моллюсков *L. saxatilis* и *L. obtusata*, что сходно с поведением зараженных трематодами особей. Также ослаблением хвата ноги *L. saxatilis* под действием 5-НТР можно объяснить изменение состава зараженных моллюсков на поверхности камней между отливами: они хуже удерживаются на поверхности субстрата и чаще падают вниз, например, в связи с воздействием волн.

5-hydroxytryptophan effects on the motility and foot attachment strength of the molluscs of the genus *Littorina* (Gastropoda, Littorinidae)

Shapako K.^{1*}, Kazanskaya R.^{2,3}, Lopachev A.³, Kochergina N.^{1,4}, Repkin E.^{1,4*}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Physiology, Saint Petersburg

³ Institute of Translational Biomedicine, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

⁴ Centre for Molecular and Cell Technologies, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

* e-mail: kshapako@gmail.com, erepkin53@gmail.com

In this study, the effect of 5-hydroxytryptophan on vertical motility and foot grip strength of *Littorina saxatilis* and *L. obtusata* was analyzed. We demonstrated the vertical motility increase and the foot attachment strength decrease for snails associated with exposure to the neuroactive substance.

Неочевидный выбор: различают ли церкарии трематод сем. Notocotylidae близкие виды улиток при выборе субстрата для инцистирования на Белом море?

Зенков Е.А.^{1,2*}, Семенова Е.В.², Полоскин А.В.^{1,2}, Аристов Д.А.^{2,3}, Гончар А.Г.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: julzenkov1@yandex.ru

Церкарии трематод семейства Notocotylidae инцистируются во внешней среде на поверхности различных подводных субстратов. Известно, что некоторые виды этого семейства предпочитают растения раковинам моллюсков, однако более подробно субстратные предпочтения для многих видов нотокотилид не изучены.

Хорошими модельными объектами для детального изучения предпочтений церкарий могут быть раковины двух массовых на Белом море видов литоральных улиток из семейства Hydrobiidae: *Peringia ulvae*, далее — *PU*, и *Ecrobia ventrosa*, далее — *EV*. Эти моллюски сходны морфологически и встречаются совместно, они являются промежуточными хозяевами для различных видов Notocotylidae и одними из основных субстратов для оседания церкарий. Целью данного исследования стало проверить наличие у церкарий Notocotylidae специфических субстратных предпочтений между двумя видами улиток из одного семейства.

Мы анализировали частоту оседания церкарий на моллюсков двух видов в лабораторных экспериментах 2-х типов. В 1-м типе к парам из сходных по размеру особей *PU* и *EV* в малом объеме воды при помощи пипетки подсаживалась одна церкария, вышедшая из конкретной особи-донора. Таким образом практически исключалось влияние поведения улиток на результат. Во 2-м типе экспериментов улитки-доноры церкарий индивидуально помещались в бакпечатки с 5-ю улитками-акцепторами каждого вида, после чего бакпечатки выставлялись на длительную экспозицию под источник света и тепла с целью индуцировать выход церкарий из донора. В этих экспериментах исключалось влияние переноса пипеткой на поведение церкарий. Виды нотокотилид, которыми были заражены доноры, определялись по последовательностям гена 28S рРНК. Также мы картировали расположение цист на улитках-акцепторах из 1-го типа экспериментов.

В обоих типах экспериментов церкарии, вышедшие из *PU*, достоверно чаще ($\chi^2 = 12,3$, $df = 1$; $p < 0,05$) инцистировались на улитках того же вида и практически не оседали на стенки экспериментальной посуды, в отличие от церкарий, вышедших из *EV*. Последние не демонстрировали различий в частоте инцистирования на разных видах улиток. Мы предполагаем, что эти различия определяются разным набором видов нотокотилид в двух видах моллюсков. Оседание церкарий на раковины *PU* чаще происходит вблизи устья, что, скорее всего, связано с расположением тела моллюска — потенциального источника химических сигналов для церкарий. Наличие предпочтений церкарий на уровне близких видов моллюсков и склонность церкарий к оседанию на определенные участки раковины говорят о специфичных взаимодействиях в системе «церкария — субстрат оседания». На сегодняшний день это один из немногих подтвержденных количественно примеров такой специфичности.

Проект выполнялся при частичной поддержке Государственных заданий 125012800889-2 и 125012800903-5, Зоологический институт РАН.

Do notocotylid cercariae prefer to encyst on the shells of a particular mud snail species at the White Sea?

Zenkov E.^{1,2*}, Semyonova E.², Poloskin A.^{1,2}, Aristov D.^{2,3}, Gonchar A.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

* e-mail: julzenkov1@yandex.ru

We compared the encystment frequency of the Notocotylidae (Digenea) cercariae on shells of two mud-snail species: *Peringia ulvae* (PU) and *Ecrobia ventrosa*, in two different laboratory experiments. Cercariae, emerged from PU, preferred shells of this species as the substrate for encystment in both experiment types.

Хищники церкарий трематод: от лабораторного эксперимента к полевым условиям

Федоров Д.Д.* , Галактионов К.В.

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: daniil.fedorov@zin.ru

Трематоды — доминирующая группа многоклеточных паразитов в морских прибрежных экосистемах. Церкарии являются второй лецитотрофной свободноживущей личинкой трематод и выполняют функцию дисперсии и заражение второго промежуточного хозяина. В случаях, когда их поведенческая стратегия не направлена на активное поедание хозяином (например, макроцеркные церкарии родов *Mesorchis* и *Echinochasmus*), эти личинки могут стать легко доступной мишенью для хищников, не являющихся хозяевами. Согласно литературным данным, амфиподы способны элиминировать 50–100 % церкарий в лаборатории. Мы проверили, способны ли гаммариды элиминировать церкарий в Белом море и как это влияет на трансмиссию паразита. В качестве объектов были выбраны массовые трематоды *Himasthla elongata* и *Renicola parvicaudatus* с общим первым промежуточным — *Littorina littorea*, и вторым промежуточным хозяином — *Mytilus edulis*. В роли элиминаторов выступали массовые литоральные гаммариды — *Gammarus oceanicus*.

Для оценки вклада *G. oceanicus* в элиминацию церкарий был проведен лабораторный эксперимент, в котором к гаммаридам добавлялись счетное количество личинок изучаемых видов. На следующем этапе исследования для проверки этого механизма в природных условиях была разработана экспериментальная установка, где этот же эффект оценивался по накоплению метацеркарий. Она размещалась в лагуне с высокой интенсивностью заражения моллюсков *L. littorea*. Внутри установки помещались гаммарусы и *M. edulis*, стерильные от трематодной инвазии. В качестве контроля выступали мидии в той же установке без гаммарид.

Лабораторные эксперименты выявили, что амфиподы *G. oceanicus* способны элиминировать в среднем 47,6 % (95 %, доверительные интервалы: 24,8–71,5) церкарий *R. parvicaudatus* и 15,6 % (95 %, доверительные интервалы: 7,6–29,4) церкарий *H. elongata*. Однако в полевых условиях присутствие амфипод-элиминаторов не повлияло на интенсивность заражения мидий метацеркариями этих видов. Это расхождение, вероятно, объясняется факторами естественной среды, такими как сложная гидродинамика и доступность альтернативной пищи для гаммарид, которые отсутствуют в контролируемых лабораторных условиях. Полученные результаты наглядно демонстрируют, что экстраполяция лабораторных данных на природные условия требует крайней осторожности.

Работа выполнена на ББС ЗИН РАН «Картеш», при поддержке Гос. Задания № 125012800903-5 и гранта РФФ 23-14-00329.

Trematode cercariae predators: from laboratory experiment to field conditions

Fedorov D.* , Galaktionov K.

Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

* e-mail: daniil.fedorov@zin.ru

The ability of the amphipod *Gammarus oceanicus* to eliminate trematode cercariae (*Himasthla elongata* and *Renicola parvicaudatus*) was investigated. Laboratory experiments confirmed the elimination efficiency of the gammarids, but this effect was absent in field conditions.

ДНК-баркодинг *Prosorhynchus squamatus* (Digenea: Bucephalidae): скрытое разнообразие?

Балыко Д.Г.^{1*}, Артемьева А.А.¹, Гончар А.Г.^{1,2}, Яковис Е.Л.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, лаборатория по изучению паразитических червей и протистов, Санкт-Петербург

* e-mail: ggsmky5@gmail.com

Один из рутинных шагов в оценке биологического разнообразия — секвенирование маркерных генетических последовательностей. Такие данные нередко изменяют представления о разграничении видов и, как следствие, о процессах видообразования и эволюционных взаимоотношениях между ними. Это в полной мере касается трематод — наиболее богатой видами группы паразитических плоских червей. Благодаря широкому применению молекулярно-генетических методов мы стали намного больше знать не только об их систематике, но также жизненных циклах, специфичности, географическом распространении.

В районе Белого и Баренцева морей фауна трематод была подробно изучена в «домолекулярную» эру, а затем внимательно переоценена уже с привлечением ДНК-баркодинга. Тем не менее, и здесь остаются «темные пятна». К ним относятся представители семейства Bucephalidae. Мы получили первые данные секвенирования пяти ДНК-маркеров для беломорских буцефалид и предполагаем, что могли обнаружить два вида вместо одного зарегистрированного здесь прежде *Prosorhynchus squamatus*.

Нам удалось обнаружить спороцисты *Prosorhynchus* sp. летом 2025 года в моллюсках *Musculus discors* в Кандалакшском (губа Чупа) и Онежском (Соловецкие острова) заливах. Зараженных *Mytilus edulis* мы получили от коллег, работавших в Печорском море и в Мезенском заливе Белого моря. Кроме того, нам были переданы для изучения мариты и метацеркарии из *Myoxocephalus scorpius* и других рыб, зафиксированных в 2019–2024 годах, что позволило охватить большинство стадий жизненного цикла паразита.

Для проверки видовой идентификации мы использовали пять ДНК-маркеров разной степени варибельности — ядерные 18S и 28S рДНК, ITS1, ITS2 и митохондриальный *cox1*. Это широкий и общепринятый набор ДНК-маркеров, традиционно используемый для видовой идентификации трематод. Анализ полученных данных показал, что последовательности для образца из *My. edulis* стабильно отличаются от таковых для *My. discors*. Это справедливо для всех пяти маркеров, с дистанциями 0,2–0,3 % для ядерных и до 6,2 % для *cox1*. Учитывая, что отличия невелики, но при этом стабильны, можно предположить либо существование двух близких видов с различными первыми промежуточными хозяевами; либо выраженную гостальную изменчивость внутри одного вида *Prosorhynchus squamatus*. Оба варианта дают отличные предпосылки для планирования дальнейших исследований.

Проект выполняется при поддержке темы гос. задания ЗИИ РАН 125012800903-5.

DNA barcoding of *Prosorhynchus squamatus* (Digenea: Bucephalidae)

Balyko D.^{1*}, Artemieva A.¹, Gonchar A.^{1,2}, Yakovis E.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Parasitic Worms and Protists, Saint Petersburg

* e-mail: ggsmky5@gmail.com

DNA sequencing has transformed the way we estimate biodiversity. Among trematodes, cryptic species were shown to be common, and we have probably discovered a pair of these by sampling bucephalids at the White Sea from all the accessible hosts and sequencing five DNA markers.

Geoecological conditions of the Ob Bay in summer 2021

Nakonechnaia A.^{1,2*}

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Environmental Management, Moscow

² Lomonosov MSU Marine Research Center, Moscow

* e-mail: alya_nakonechnaya@mail.ru

The Ob Bay is the largest bay of the Kara Sea and the estuary of the Ob River. Russia's largest industrial centers, including chemical and oil production facilities, are located here.

We studied the content of heavy metals (Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr) in the water in the central part of the Ob Bay of the Kara Sea. Water sampling was carried out in July 2021 at 10 stations. Samples were taken from three horizons at each station: the surface layer, the intermediate layer and the near-bottom water. The concentrations of heavy metals in all samples were determined using the electrothermal atomic absorption method. Identified values have been compared with the pollution levels for the water bodies of fisheries importance as they are defined in the relevant normative and regulatory framework.

All stations exceed maximum permissible concentrations of iron and copper. The increased iron concentrations are most likely due to the influence of the continental runoff of rivers that flow into the Kara Sea and have high iron concentrations due to the characteristics of their catchment area. The elevated copper content is typical for the region and is due to the fact that the waters come into contact with rocks that have a higher metal content (Makkaveev et al., 2019).

Almost all stations exceeded the maximum permissible concentrations of manganese, with the exception of stations 8 (the intermediate layer, the near-bottom water), 9 (the surface layer) and 10 (all horizons). The excess is caused by natural processes of river flow redistribution depending on hydrometeorological conditions. Excess zinc concentrations are also observed at almost all stations except 2 (the surface layer, the near-bottom water), 4 (the near-bottom water), 5 (the near-bottom water), 6 (the near-bottom water), 8 (all horizons) and 9 (the near-bottom water). This is due to the influence of continental runoff.

Elevated nickel concentrations were observed at only three stations (stations 1, 3, and 7), while elevated chromium concentrations were observed at one station (station 1), which may be due to the uneven distribution of continental runoff.

No excess of the maximum permissible lead concentration was detected in the study area.

The study showed that the main pollution of the Ob Bay by heavy metals (Fe, Cu, Mn, Zn) is natural and related to continental runoff. Exceedances of the maximum permissible concentrations of nickel and chromium are localized, while the lead content is within the normal range.

Таксономическая и функциональная структура мегабентоса восточной части Карского моря

Никитин В.Ю.^{1,2*}, Удалов А.А.², Чикина М.В.²

¹ Московский педагогический государственный университет, Москва

² Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

* e-mail: tavladong@gmail.com

Донные сообщества восточной части Карского моря и желоба Воронина исследованы менее полно, чем остальные районы акватории (Анисимова и др., 2003; Веденин, 2017). После появления в Карском море краба-стригуна *Chionoecetes opilio* подробных исследований донных сообществ в этой части моря не проводилось (Zalota et al., 2018; Залота и др., 2020). Целью данного исследования была оценка современного состояния бентосных сообществ восточной части Карского моря по разрезу от полуострова Таймыр до желоба Воронина.

Работы выполнены на основе материалов траловых сборов 2022 года, полученных в ходе 89-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш». Для сбора донной мегафауны использовали трал Сигсби со стальной рамой шириной 1,5 м; всего было выполнено 6 станций. Анализ основывался на комбинации стандартных характеристик донных сообществ (видовой состав, количественные характеристики видов, структура доминирования) с анализом биологических признаков, который базируется на количественной оценке соотношения жизненных форм в сообществах (BTA — Biological traits analysis) (Bremner et al., 2006; de Juan et al., 2022).

Анализ данных показал отсутствие заметного влияния инвазионного вида *Ch. opilio*, несмотря на то, что на отдельных станциях отмечены единичные взрослые особи. На всех станциях преобладает крупная подвижная эпифауна, преимущественно всеядные детритофаги, за исключением самой мелководной и близкой к берегу станции, где помимо эпифауны, значимую роль в составе сообществ играет инфауна (сестонофаги и детритофаги). Всего выявлено 157 видов беспозвоночных. Наименьшее видовое богатство зафиксировано на самой глубокой станции (1690 м — 29 видов), где доминировали губки *Thenea muricata* и офиура *Ophiecten sericeum*, а также на станции, расположенной в седиментационной впадине (290 м — 25 видов), где преобладали голотурия *Molpadia borealis* и изопода *Saduria sabini*. На 3 станциях в диапазоне глубин 90–200 м (70, 76 и 47 видов) доминировали офиуры *Ophiacantha bidentata*, креветка *Sabinea septemcarinata* и двустворчатый моллюск *Astarte crenata*, а на самой мелководной станции (70 м — 64 вида) — офиуры *Ophiecten sericeum* и двустворчатые моллюски *Tridonta montagui* и *T. borealis*. Как таксономическая, так и функциональная структура сообществ определяются, прежде всего, мезорельефом и глубиной.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-14-00030).

Taxonomic and functional structure of megabenthic communities in the eastern Kara Sea

Nikitin V.^{1,2}, Udalov A.², Chikina M.²

¹ Moscow Pedagogical State University, Moscow

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: tavladong@gmail.com

The study evaluated the current state of benthic communities in the eastern Kara Sea along a transect from the Taimyr Peninsula to the Voronin Trough. Data indicated no significant effect of the invasive species *Chionoecetes opilio*. Community taxonomic and functional structures were mainly shaped by bottom relief and depth.

Происходит ли экспансия тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* Gould в Белом море?

Халитова М.И.^{1*}, Хайтов В.М.^{2,3}, Марченко Ю.Т.¹, Стрелков П.П.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра ихтиологии и гидробиологии, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакша

* e-mail: margilda@mail.ru

Присутствие тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* в Белом море некоторое время оставалось незамеченным из-за ее морфологического сходства с аборигенным видом *M. edulis*. Ее присутствие было доказано только в 2011 году с привлечением молекулярно-генетических методов. Вероятно, *M. trossulus* проник в Белое море в историческое время с судами из Северной Америки. На это указывает приуроченность этого вида к портам и генетическое сходство беломорских *M. trossulus* с таковыми атлантического побережья США и Канады (Väinölä, Strelkov, 2011; Katolikova et al., 2016).

Частично восстановить историю колонизации *M. trossulus* Белого моря позволило обнаружение конхиологического признака, позволяющего с высокой вероятностью оценивать долю *M. trossulus* в популяционных выборках, в том числе коллекционных (Khaitov et al., 2021). Исследование створок из коллекций показало резкий рост частот морфотипов *M. trossulus* начиная с 2000-х годов (Хайтов, Ковалев, 2022).

В настоящей работе мы проверяем гипотезу о продолжении экспансии *M. trossulus* в последние 15–20 лет напрямую, генотипируя выборки из точек генетических исследований начала века (Katolikova et al., 2016) и сравнивая частоты видовых генотипов в выборках разных лет.

Мы изучили 10 выборок мидий (N = 47–76, всего 568 особей) из поселений, исследованных в 2002–2013 гг. Как и в работах прошлых лет, мидий генотипировали по 4 таксономически информативным локусам и классифицировали методом STRUCTURE (Pritchard et al., 2000).

В 2002–2013 гг. тихоокеанская мидия доминировала в вероятных очагах инвазии в окрестностях Кандалакши, Чупы и Умбы, однако была редка за их пределами. Сегодня *M. trossulus* по-прежнему доминирует в упомянутых портовых районах. Сверх того, наблюдается увеличение доли генотипов этого вида на всем побережье Кандалакшского залива, что согласуется с морфологическими данными.

В допущении, что инвазия *M. trossulus* в Белое море соответствует классической схеме биологической инвазии (Lockwood et al., 2013), мы предполагаем следующую последовательность событий. В XX веке произошла интродукция *M. trossulus* в беломорские порты. К началу нашего века этот вид натурализовался и вступил в гибридизацию и конкурентные отношения с нативным видом *M. edulis* (Katolikova et al., 2016). В последние десятилетия происходила экспансия тихоокеанской мидии.

Is the Pacific mussel *Mytilus trossulus* Gould expanding in the White Sea?

Khalitova M.¹, Khaitov V.^{2,3}, Marchenko J.¹, Strelkov P.¹

¹ Saint Petersburg State University, Department of Ichthyology and Hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha

* e-mail: margilda@mail.ru

Based on genetic and morphological data, this study confirms the expansion of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* into the White Sea over the last two decades.

Scavenging behaviour of brown bears on the Onega Peninsula

Pavlosyuk V.^{1*}, Futoran P.^{2,3}, Sergienko S.¹, Petrunenko Y.¹

¹ Herzen State Pedagogical University, Department of Zoology and Genetics, Saint Petersburg

² Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch RAS, Arkhangelsk

³ Kenozersky National Park, Scientific Department

* e-mail: pavlosyukvlada@yandex.ru

The brown bear *Ursus arctos* is a polyphagous species with a broad and flexible diet that varies considerably across seasons and habitats. In northern regions, particularly subarctic areas where spring arrives late, access to high-protein foods becomes critically important for successful reproduction and population maintenance. Under these conditions, scavenging, especially on the carcasses of large ungulates, serves a key strategy for compensating spring protein deficits.

On the Onega Peninsula, a combination of high brown bear population density and a moderately continental climate provides unique conditions for studying trophic interactions and behaviour. Between 2017 and 2022, phototraps were deployed at four naturally deceased moose *Alces alces* carcasses and one ringed seal *Pusa hispida* to document the behaviour and feeding activity. Over 68 trap-days, we recorded 193 brown bear visits, along with visits by other scavengers: wolverine *Gulo gulo* (54), common raven *Corvus corax* (53), hooded crow *Corvus cornix* (30), white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* (19), red fox *Vulpes vulpes* (6), and wolf *Canis lupus* (3).

Brown bear activity followed a predominantly diurnal and crepuscular pattern, with pronounced peaks in the early morning (5–6 a.m.), midday (12–3 p.m.) and late afternoon (4–6 p.m.). High bear presence strongly influenced the behavior of other scavengers. Common ravens exhibited distinct peaks before dawn and in the evening, likely adjusting to avoid temporal overlap with bears. Other predators (wolverine, red fox, and wolf) minimized the risk of direct encounters by concentrating their activity at night and, to a lesser extent, during evening hours. Thus, the temporal activity of brown bears not only reflects their own daily rhythms but also shapes the patterns of resource use by other scavenger species.

The observations also provided insights into intraspecific interactions at carcasses. Bears frequently buried the remains, covering them with soil and vegetation. This behaviour reduced carrion accessibility for other scavengers and allowed bears to return to the resource later. Carcass use by different individuals occurred sequentially: one bear typically left before another approached. Larger, more dominant individuals usually accessed the carcass first, whereas subordinate bears waited for an opportunity. These patterns reveal a complex social and behavioral structure that emerges around a limited and valuable resource.

The patterns described are based on intensive monitoring of a limited number of carcasses ($n = 5$). While this provides a detailed snapshot of interactions, the variability associated with factors such as carcass size, type, and micro-location may not be fully captured. Furthermore, the observational nature of this study establishes strong correlative patterns—particularly temporal avoidance of bears by other scavengers—but cannot definitively isolate bear presence as the sole causal factor. To strengthen such conclusions, future work could employ a larger sample size and quantitative metrics, such as statistical overlap indices for activity patterns, to more rigorously measure the strength of displacement and individual carcass use duration. These steps would help generalize the findings and precisely quantify the observed behavioural dynamics.

Загрязнение береговым мусором о. Северный (арх. Новая Земля)

Грант Е.М.^{1*}, Иванова В.А.², Погожева М.П.^{3,4,5}, Спирина В.А.⁴

¹ Московский городской педагогический университет, департамент естествознания, Москва

² Институт географии РАН, Москва

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва

⁴ Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Москва

⁵ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

* e-mail: GrantEM@mgpu.ru

Архипелаг Новая Земля, расположенный в Северном Ледовитом океане, представляет собой регион с суровыми климатическими условиями. Несмотря на удаленность, его побережья, как и вся Арктика, подвержены значительному загрязнению пластиком и микропластиком.

В 2025 году было проведено исследование берегового мусора на нескольких пляжах архипелага. Всего было собрано 2062 объекта. Абсолютное большинство находок 98,8 % составили пластик. На другие категории (металл, резина, стекло, медицинские отходы и одежда) пришлось лишь 1,2 %.

Детальная классификация показала, что наиболее часто встречались крупные пластиковые частицы, колпачки и крышки, а также веревки шнуры и сети.

Анализ состава мусора позволяет предположить основные источники загрязнения. Наличие рыболовных сетей и канистр указывает на вклад коммерческого рыболовства и судоходства. Преобладание одноразовых изделий, бутылок и упаковки свидетельствует о загрязнении от прибрежной рекреации. Обнаруженные патроны могут быть связаны с охотой или военной деятельностью. Возможные страны происхождения мусора: Россия, Норвегия, Великобритания, Польша, Литва, Германия и Швеция. Мусор из разных стран попадает на архипелаг по системе течений Баренцева моря.

Разнообразный состав мусора на побережьях Новой Земли подтверждает, что загрязнение затрагивает даже самые отдаленные экосистемы. Исследование подчеркивает острую необходимость не только предотвращения новых поступлений мусора, но и масштабных работ по очистке Арктики от уже накопленных отходов.

Экспедиция для сбора данных была организована при поддержке в Русского географического общества и Национального парка «Русская Арктика».

Coastal debris pollution on Novaya Zemlya

Grant E.^{1*}, Ivanova V.², Pogojeva M.^{3,4,5}, Spirina V.³

¹ Moscow City University, Department of Natural Sciences, Moscow

² Institute of Geography RAS, Moscow

³ Zubov State Oceanographic Institute, Moscow

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁵ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

* e-mail: GrantEM@mgpu.ru

A 2025 study on the remote Novaya Zemlya archipelago in the Arctic Ocean revealed severe plastic pollution. Of 2,062 debris items collected, 98.8 % were plastic. The most common items were large plastic pieces, caps/lids, ropes, and nets. This suggests pollution sources include commercial fishing, shipping, and coastal recreation. The findings confirm that even pristine Arctic ecosystems are contaminated, highlighting an urgent need for prevention and large-scale cleanup efforts.

The expedition was organized with the support of the Russian Geographical Society and the “Russian Arctic” National Park

Подводный световой климат как фактор, влияющий на встречаемость разных пигментов фотосинтетических антенн фототрофных микроорганизмов в меромиктических водоемах Кандалакшского залива Белого моря

Юрьева А.С.^{1*}, Нагаева А.С.¹, Лабунская Е.А.¹, Бибикина Т.Н.¹, Лобышев В.И.¹, Воронов Д.А.², Краснова Е.Д.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Институт проблем передачи информации РАН, Москва

* e-mail: yualexandra05@gmail.com

Беломорские прибрежные меромиктические лагуны и озера, возникшие из-за послеледникового поднятия суши, характеризуются эвксинной аноксией (Краснова, 2021) и контрастными по световому климату зонами в столбе воды (Лабунская и др., 2024). Одним из факторов, влияющих на распределение фототрофных микроорганизмов, может быть спектральный состав света на разной глубине. Целью работы является сопоставление поглощающей способности фотосинтетических пигментов, выделенных из разных горизонтов меромиктических водоемов, со световыми характеристиками соответствующей зоны.

Были исследованы пять водоемов на Карельском берегу Белого моря, в разной степени изолированных от моря: Бухта Биофильтров, Лагуна на Зеленом мысе, озера Еловое, Кисло-Сладкое и Трехцветное. Для анализа пигментов пробы воды отбирали погружным насосом с шагом по вертикали 0,5 м, концентрировали биомассу планктонных организмов на фильтрах, экстрагировали (бактерио)хлорофиллы и каротиноиды 100 % ацетоном, фикобилины — дистиллированной водой, записывали спектры поглощения экстрактов на спектрофотометре Solar PV1251 в диапазоне 315–800 нм. Для измерения спектров солнечного излучения на тех же горизонтах использовали спектрометр QE65Pro (Ocean Optics) с погружаемым волоконно-оптическим зондом.

Во всех водоемах у поверхности в спектре солнечного излучения есть доступный красный и синий свет, и в экстрактах обнаруживается хлорофилл *a*, максимум поглощения света 683 нм, а также каротиноиды зеленых водорослей, поглощающие в синей области. На границе аэробной и анаэробной зон (в хемоклине) состав света и пигментов меняется. В Бухте Биофильтров спектр сокращается до зеленого, и там появляется пигмент пурпурных серных бактерий океонон (521 нм). До хемоклина Лагуны на Зеленом мысе и озера Кисло-Сладкое доходит зеленый и красный свет — там к хлорофиллу *a* добавляется фикозерин водорослей рода *Rhodomonas* (545 нм). В озерах Еловое и Трехцветное доля красного в хемоклине возрастает, так как синий и зеленый поглощаются растворенными гуминовыми веществами — обнаружены бактериохлорофиллы *d* и *e* зелено- и коричневоокрашенной форм зеленых серных бактерий *Chlorobium phaeovibrioides* (*d* поглощает 718–730 нм, *e* — 717–725 нм). В оз. Трехцветное найден только бактериохлорофилл *d*, принадлежащий зеленоокрашенной форме. Наличие обеих форм в оз. Еловое, вероятно, обусловлено большей долей зеленого света, поскольку коричневоокрашенные *Ch. phaeovibrioides*, в отличие от зеленых, способны использовать его за счет каротиноида изорениератина.

Таким образом, в исследованных водоемах максимумы поглощения обнаруженных антенных пигментов соответствуют спектральным диапазонам, преобладающим в зоне их обитания. Это дает основание полагать, что свет является значимым фактором, влияющим на вертикальное распределение фототрофов с разными типами фотосинтетических антенн.

Underwater light climate as a factor, affecting the presence of different pigments of photosynthetic antennae of phototrophic microorganisms in meromictic lakes of Kandalaksha Bay of the White Sea

Yurieva A.¹, Nagayeva A.¹, Labunskaya E.¹, Bibikova T.¹, Lobyshev V.¹, Voronov D.², Krasnova E.¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Institute for Information Transmission Problems RAS, Moscow

* e-mail: yualexandra05@gmail.com

Light climate effects on phototrophic microorganisms distribution were investigated in meromictic lakes, separating from the White Sea. Pigments of microorganisms were characterized using spectrophotometry. Sunlight spectra at different depths were recorded. We observed the presence of chlorophyll *a* and phycoerythrin in the lakes, where parts of red and green light were almost equal.

Распределение макробентосных и мейобентосных организмов в зависимости от биотических изменений микрорельефа на литорали

Тихонов И.А.^{1*}, Гаврилова Е.О.^{1,2}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

* e-mail: ivanti1811@gmail.com

Данное исследование посвящено изучению структуры сообществ макрозообентосных и мейобентосных организмов на литорали Южной губы о. Ряжков в Кандалакшском заливе Белого моря.

Макрозообентос илисто-песчаной литорали Белого моря в основном представлен сообществами многощетинковых червей и моллюсков. Их жизнедеятельность оказывает большое влияние на микрорельеф литорали и организмы, населяющие верхние слои грунта. В частности, двустворчатые моллюски *Macoma balthica* ведут активно роющий образ жизни с помощью лопатовидной ноги. Пескожилы *Arenicola marina* также ведут роющий образ жизни, обитая в U-образных норках, при создании которых выбрасывают пропущенный через кишечник песок в виде холмиков.

Распределение мейобентосных сообществ напрямую зависит от совокупности различных условий в их среде обитания. Стоит отметить, что факторы среды влияют на мейофауну на более мелкомасштабном уровне, чем на макрофауну. Поэтому целями исследования стали проверка гипотезы о влиянии биотических изменений микрорельефа на распределение мейобентоса, а также сравнение масштабов этого влияния на мейофауну и макрофауну.

Материалы для данной работы отбирали в 2024–2025 гг. Взятие проб производили с литорали попарно: с участков с видимыми выбросами *Macoma balthica*, и с участков без них; в местах присутствия пескожилов — по пробе с вершины холмика и на грунте возле него соответственно.

По результатам в обоих случаях доминирующими группами эумейобентоса на литорали являются *Harpacticoida* и свободноживущие Nematoda.

Статистический анализ результатов исследования, рассматривавшего активность *M. balthica*, не выявил значимых различий в обилии большинства таксонов между нарушенными и ненарушенными участками. Таким образом, гипотеза о существенном влиянии активности *M. balthica* на все сообщество не подтвердилась. Исключением стали Ostracoda, чья численность была несколько выше на участках с выбросами, что, возможно, связано с их морфологическими особенностями или экологическими предпочтениями. Результаты демонстрируют, что деятельность моллюска не является ключевым фактором, структурирующим как эу-, так и псевдомейобентос в данном биотопе.

Анализ влияния изменения микрорельефа пескожилами показал, что численность основных представителей макробентоса: *Macoma balthica*, *Mytilus edulis* и *Peringia ulvae*, за исключением их молоди, выше на грунте без холмика. Исключением являются виды *Jaera* sp., *Spio theeli*, *Pygospio elegans* и молодые особи пескожилов, численность которых на холмиках выше.

По предварительным данным, обилие мейобентосных организмов тоже различается в зависимости от наличия холмика. На ровном субстрате выше численность *Harpacticoida* и *Peringia ulvae*. Численность Nematoda не зависит от типа микрорельефа.

Distribution of macrobenthic and meiobenthic organisms depending on biotic changes in microrelief of the littoral zone

Tikhonov I.^{1*}, Gavrilova E.^{1,2}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

* e-mail: ivanti1811@gmail.com

This research examines the structure of macrobenthic and meiobenthic communities in the littoral zone of the South Gulf of Ryazhkov Island in the Kandalaksha Gulf of the White Sea.

Влияние метаболитов, выделяемых двумя видами фукоидов, *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus*, на образование биссусных нитей у *Mytilus trossulus* и *M. edulis*.

Беляева С.И.^{1*}, Хайтов В.М.^{1,2,3}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Кандалакшский государственный заповедник, Кандалакша

* e-mail: Sonjabelyaeva05022011@gmail.com

Характерной чертой литорали Белого моря является обилие фукоидов, большую часть которых составляют *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus*. Во время прилива их талломы поднимаются за счет воздушных пузырей. В связи с этим, поселение обрастателей (мидий) на талломах фукоидов становится губительным для водорослей, так как это приводит к тому, что слоевище лежит на дне и получает меньше солнечного света.

В данной работе мы выясняли, могут ли метаболиты фукоидов ингибировать прикрепление беломорских мидий (*Mytilus trossulus* и *M. edulis*). Было собрано по 6 пучков талломов каждого вида водорослей, вес которых контролировали (52,413–213,901 г.). Эти пучки были помещены в 12 контейнеров, содержащих по 600 мл морской воды, следующим образом: в 6 контейнеров были опущены верхние (самые молодые) части талломов, в другие 6 контейнеров — нижние (старые) части талломов. Кондиционирование воды осуществлялось в течение 6 часов.

Далее вода с метаболитами водорослей была разлита в 120 бакпечаток. В 20 бакпечаток мы налили чистую морскую воду (контроль). В каждую емкость было посажено по одной мидии. После двух дней экспозиции мы подсчитали количество биссусных бляшек на каждой бакпечатке. Все мидии были измерены, после измерений каждая особь была сварена, и раковина очищена от мягких тканей. У всех мидий был определен морфотип, который позволяет с высокой вероятностью определить вид мидии (Khaitov et al., 2021).

Было показано, что в воде, содержащей метаболиты верхних, молодых, частей талломов, оба вида мидий выделяли существенно меньше биссуса, чем в контроле и в воде, содержащей метаболиты от нижних, старых, частей водорослей. В воде, содержащей метаболиты от старых частей талломов, *M. trossulus* выделяли больше биссуса, чем *M. edulis*.

Этот результат хорошо согласуется с прежними наблюдениями, которые выявили большую склонность *M. trossulus* к обитанию на талломах фукоидов (Khaitov et al., 2025). По всей видимости, мидии могут активно заселять лишь старые части талломов, потому что новые части водорослей активно выделяют метаболиты, предотвращающие прикрепление мидий.

The effect of metabolites produced by two species of fucoids, *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*, on the formation of bivalve threads in *Mytilus trossulus* and *M. edulis*

Belyaeva S.^{1*}, Khaitov V.^{1,2,3}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha

* e-mail: Sonjabelyaeva05022011@gmail.com

Metabolites of White Sea fucoid algae inhibit mussel attachment. Young thalli reduced the formation of bissus in *Mytilus edulis* and *M. trossulus* more than old thalli or controls. *M. trossulus* produced more bissus when in contact with old thalli than *M. edulis*, which corresponds to its preference for old algae.

Факторы оптимизации питания морских звезд *Asterias rubens*, охотящихся в смешанных поселениях *Mytilus edulis* и *M. trossulus* на мелководьях Белого моря

Беляева О.И.^{1*}, Хайтов В.М.^{1,2,3}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Кандалакшский государственный заповедник, Кандалакша

* e-mail: olesya.belyayeva.08@mail.ru

Согласно теории оптимального фуражирования, хищник стремится максимизировать получаемую из пищи энергию за единицу времени. Бюджет времени хищника складывается из времени, затраченного на поиск добычи, и времени, затраченного на ее обработку.

Для морских звезд *Asterias rubens* мидии — основной вид жертвы. Мидии многочисленны и легкодоступны, время на их поиск минимально. Поэтому оптимизация выбора жертвы зависит от тех факторов, которые влияют на время потребления добычи. Мы рассмотрели две группы факторов. (1) Индивидуальные признаки жертвы: принадлежность мидий к одному из двух видов беломорских мидий (*Mytilus edulis*, *ME*, или *M. trossulus*, *MT*) и размер особи. (2) Особенности организации поселений жертв: соотношение численностей двух видов жертв в смешанном поселении; плотность поселения жертв и количество их агрегаций.

Цель исследования — проверить совместное влияние этих факторов на вероятность нападения хищника на жертву.

Были собраны мидии двух видов (определение проводилось по паттерну закладки перламутрового слоя) в размерном диапазоне 15–30 мм. По 80 мидий в разных пропорциях *MT* и *ME* разместили на 33 керамических плитках (25×25 см). Плитки расположили на дне литоральной лужи и дали сформироваться агрегациям в течение 3 дней. По фотографиям каждой плитки оценивали количество агрегаций, их площади и количество моллюсков в них. Далее плитки разместили на глубине около 2 м в естественном месте скопления морских звезд на 52 часа. По наблюдениям, звезды в массе наполнили на экспериментальные установки так же, как делают это звезды, атакующие естественные поселения мидий. После экспозиции для каждой живой и съеденной мидии фиксировали ее видовую принадлежность и размер; звезды, поднятые вместе с пластинами, были измерены, однако учета размерной структуры поселения звезд во всей акватории не проводилось.

Построенная регрессионная модель показала, что вероятность гибели мидий была выше для особей с размером меньше среднего. Смертность жертв увеличивалась в садках с большим количеством мелких агрегаций (агрегации, состоящие из примерно 2–4 особей). Выявлена нелинейная зависимость от плотности поселения жертв — оптимальной для хищника была средняя плотность (около 0,7 особи на кв. см). Морские звезды чаще атаковали *MT*, что согласуется с предыдущими исследованиями (Khaitov et al. 2021), однако вероятность гибели мидии возрастала с увеличением доли *ME*. Это несоответствие объясняется тем, что *ME* формируют более рыхлые агрегации.

Таким образом, оптимальный выбор жертвы определяется не только ее индивидуальными признаками, но и факторами, связанными с организацией их поселений.

Factors optimizing the nutrition of sea stars *Asterias rubens*, hunting in mixed settlements of *Mytilus edulis* and *M. trossulus* in the shallow waters of the White Sea

Belyaeva O.^{1*}, Khaitov V.^{1,2,3}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha

* e-mail: olesya.belyayeva.08@mail.ru

For the starfish *Asterias rubens*, prey selection depends on prey traits (size, species: *Mytilus edulis* or *M. trossulus*) and settlement structure (density, aggregation). Field experiments and regression modeling revealed higher mortality for smaller *M. trossulus* mussels and in settlements with many small aggregations at intermediate densities. This confirms that optimal foraging is shaped by both individual prey characteristics and settlement organization.

Закономерности пополнения поселений *Astarte borealis* (Schumacher, 1817)

Федорова К.С.¹, Хайтов В.М.^{1,2,3*}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Кандалакшский государственный заповедник, Кандалакша

* e-mail: polydora@rambler.ru

Пополнение молодью — ключевой популяционный процесс. Однако у двустворчатых моллюсков в поселениях часто доминируют взрослые особи, при полном отсутствии молодежи. *Tridonta borealis* — моллюск-долгожитель, для поселений которого отсутствие пополнения в течение нескольких десятилетий — обычное явление. Так, в одной из акваторий Белого моря отсутствие молодежи наблюдалась на протяжении более 20 лет, после чего наблюдался приток молодежи (Skazina et al., 2013). Факторы, регулирующие такое неравномерное пополнение, неизвестны. Для поиска этих факторов необходимо оценить, в каких масштабах они могут действовать, что и стало целью данной работы. Была исследована возрастная структура и темпы роста *T. borealis* в двух акваториях Белого моря, расположенных на расстоянии нескольких километров друг от друга (Северная губа о. Ряжков и Илистая губа о. Горелый), внутри каждой из которых было исследовано несколько точек, находящихся на расстоянии нескольких десятков метров друг от друга. На выборке из 63 моллюсков, собранных летом 2025 года из разных акваторий, была проведена оценка возраста по слоям сезонной остановки роста, изученных на спилах раковин. Были построены модели, описывающие связь между возрастом моллюсков и размером, которые выявили линейную связь между этими показателями. Ростовые процессы в разных акваториях не различаются. Точность модели была проверена с помощью независимой выборки моллюсков из Илистой губы, взятых из проб 2019 года, у которых также был посчитан возраст, среднее отклонение от модели составило примерно -0,1 г. Была проведена реконструкция возрастной структуры поселений на основе размерной структуры собранных моллюсков 2025 года. На основе данных мониторинга в Илистой губе модель позволила вычислить годы, когда происходило оседание молодежи в этой акватории.

Такой анализ показал, что в Северной губе массовый приток молодежи произошел после 2020 года. При этом массовое пополнение, отмеченное в одних участках акватории, не наблюдалась в других. В Илистой губе никакое пополнение в указанные годы не наблюдалось и пополнение происходило равномерно на протяжении периода с 2000 по 2025 года. Такие данные показали отсутствие синхронности в пополнении в разных акваториях, что позволяет говорить о преобладании регулирующих факторов, влияющих в масштабах нескольких метров. Это сужает область поиска возможных факторов, регулирующих пополнение и исключать из числа кандидатов климатические факторы. Кроме того, между количеством осевших моллюсков и количеством мертвых створок существует нелинейная связь.

Patterns of population replenishment *Astarte borealis* (Schumacher, 1817)

Fedorova K.¹, Khaitov V.^{1,2,3*}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha

* e-mail: polydora@rambler.ru

Age structure of *Tridonta borealis* from two White Sea sites revealed contrasting recruitment patterns: a pulse recruitment in one area versus steady, long-term recruitment in another. This spatial asynchrony at a scale of both kilometers and meters indicates that recruitment is regulated primarily by local factors, not large-scale drivers.

Сезонное распределение личинок *Marenzelleria* sp. по южному берегу Финского залива

Демидова Е.В.¹, Чава А.И.², Старунов В.В.³, Старунова З.И.³

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра биогеографии и охраны природы, Санкт-Петербург

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, лаборатория экологии прибрежных донных сообществ, Москва

³ Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

* e-mail: demidova848lisa@yandex.ru

Вселение и экспансия видов рода *Marenzelleria* представляют собой биотическое событие, ведущее к перестройке донных экосистем восточной Балтики (Максимов, 2010). В Финском заливе обитают два инвазионных вида: *M. arctica* (Chamberlin, 1920), распространенная в глубоководных биотопах, и *M. neglecta* Sikorski & Bick, 2004, характерная для прибрежной зоны. В их жизненном цикле из яиц развивается планктонная личинка, мониторинг которой критически важен для понимания механизмов расселения. На развитие влияет соленость, температура и наличие пищи (Bochert, 1997). Четкая биотопическая сегрегация взрослых особей сохраняется десятилетиями (Кочешкова, Ежова, 2018), что подчеркивает роль личиночной фазы, хотя пространственная динамика личинок в планктоне остается малоизученной.

С ноября 2025 года, на южном побережье Финского залива начат количественный ежемесячный мониторинг зоопланктона. Основной метод отбора — вертикальные ловы планктонной сетью в прибрежной зоне в диапазоне глубин от 2,5 до 7 метров, по три повторности на каждой точке. Дополнительно, для оценки общего обилия и качественного состава личиночных стадий, мы протаскивали планктонную сетку за движущейся лодкой, без учета времени и расстояния. Количественные пробы фиксировали 4 % раствором формальдегида. Далее, в лабораторных условиях пробы обрабатывали методом просмотра под биноклем в камере Богорова с последующей сортировкой по основным таксономическим группам, идентификацией личинок полихет рода *Marenzelleria* и подсчетом их численности. Количественный анализ собранного материала в настоящее время продолжается. Также, с 2019 года на тех же станциях ведутся качественные сборы, что позволяет анализировать сезонную динамику сообщества.

На основе многолетних качественных наблюдений установлено, что нерест *Marenzelleria* sp. начинается в октябре. Первые трохофоры появляются в октябре-ноябре. Личинки растут в течение зимы и весны, а оседают на дно в конце мая – начале июня. Помимо личинок *Marenzelleria* sp., в пробах идентифицируются до крупных таксономических групп другие планктонные организмы, такие как коловратки, копеподы и ветвистоусые рачки, что позволяет оценивать комплексные изменения в сообществе.

Долгосрочные исследования с ежемесячным мониторингом личиночных стадий *Marenzelleria* sp., гидрологии и бентоса необходимы для количественной оценки динамики популяции, выявления ключевых факторов развития личинок и прогнозирования изменений в донных экосистемах Финского залива.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Таксон» ЗИН РАН и при использовании коллекционных материалов Зоологического института РАН (Санкт-Петербург, Россия) в рамках тем госзадания 125012800894-6. За помощь в сборе материала авторы выражают благодарность В.Р. Хабибулиной (СПбГУ, ЗИН РАН).

Seasonal distribution of *Marenzelleria* sp. larvae along the southern coast of the Gulf of Finland

Demidova E.¹, Chava A.², Starunov V.³, Starunova Z.³

¹ Saint Petersburg State University, Department of Biogeography and Nature Conservation, Saint Petersburg

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, Laboratory of Ecology of Coastal Benthic Communities, Moscow

³ Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

* e-mail: demidova848lisa@yandex.ru

Invasive *Marenzelleria* species reshape Baltic benthic ecosystems. Two species inhabit the Gulf of Finland, where larval monitoring and environmental measurements track their dispersal. Monthly plankton surveys since 2025, complemented by long-term qualitative data, reveal seasonal larval dynamics and support predictions of ecosystem changes driven by these polychaetes.

Особенности состава грунта в выбросах *Arenicola marina*

Гаврилова Е.О.^{1,3*}, Вертебный В.Е.^{2,4}, Хомяков Ю.В.^{2,4}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

⁴ Агрофизический институт РАН, Санкт-Петербург

* e-mail: lizazavr2018@gmail.com

Микрорельеф литорали Белого моря формируется за счет жизнедеятельности населяющих ее беспозвоночных животных. Значительную роль в этом процессе играют многощетинковые черви пескожилы *Arenicola marina*. Они ведут роющий образ жизни, формируя в толще грунта U-образные норки, и питаются в них, заглатывая верхний слой песка и пропуская его через кишечник. В результате создаются выбросы на поверхность из обработанного пескожилом грунта в виде холмиков, которые формируют особые биотопы. Для них характерны биотурбационные процессы, такие как: перемешивание и модификация состава слоев грунта, изменение концентрации кислорода за счет изменения показателей пористости и проницаемости, концентрации органического осадка придонного слоя (Volkenborn et al, 2007).

Кроме того, пескожилы оказывают влияние на распределение других литоральных беспозвоночных (Flach, 1992; Brafield, Newell, 1961). Многие инфузные обитатели избегают места их активной жизнедеятельности, что может объясняться пространственной конкуренцией. Однако варианты взаимодействий с эпибентосными организмами изучены гораздо меньше. Вероятно, они проходят не напрямую, а на уровне химических следов и биотурбационной активности от пескожилов, оказывающих влияние на других беспозвоночных.

Целью данного исследования является определение химического состава грунта в выбросах *Arenicola marina* и сравнение с грунтом, не обработанным пескожилами.

Материал был собран в августе 2025 г. Пробы грунта были взяты со среднего горизонта литорали в Фукусовой и Южной губах о. Ряжков (Кандалакшский залив, Белое море). В каждой точке отбиралось по 3 серии образцов массой 100 г с воронки, холмика и поверхности грунта рядом.

Был изучен гранулометрический состав грунта для определения основных свойств данной почвы. Был проведен анализ образцов методом масс-спектрометрии для определения их химического состава и уточнения концентрации органического вещества. Грунт в воронках и на холмиках характеризуется низким содержанием биогенных элементов (фосфаты, нитраты, нитриты, ион аммония) относительно образцов с участков литорали, не модифицированных жизнедеятельностью пескожилов, что может свидетельствовать о высокоэффективном метаболизме пескожилов и высоком показателе биогенности для среднего горизонта литорали.

Soil composition in the casts of the lugworm *Arenicola marina*

Gavrilova E.^{1,3*}, Vertebnyy V.^{2,4}, Khomyakov U.^{2,4}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg

³ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

⁴ Agrophysical Research Institute RAS, Saint Petersburg

* e-mail: lizazavr2018@gmail.com

This study focuses on determining the chemical composition of sediment in *Arenicola marina* casts and comparing it with sediment unaffected by bioturbation. The sediment's grain-size distribution was assessed to determine its key properties. Mass spectrometry was employed to analyze the samples, identifying their chemical constituents and quantifying organic matter content.

Интерференция беломорских мидий *Mytilus edulis* и *M. trossulus* в смешанных поселениях

Щукин В.А.^{1*}, Хайтов В.М.^{1,2,3}

¹ Эколого-биологический центр «Крестовский остров», лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии), Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Кандалакшский государственный заповедник, Кандалакша

* e-mail: shchukin.v.a11@mail.ru

В Белом море обитает два вида мидий: *Mytilus edulis* (ME) и *Mytilus trossulus* (MT). Эти два вида могут формировать, как одновидовые, так и смешанные поселения. Ожидается, что между этими видами должна наблюдаться конкуренция. Одна из форм конкурентной борьбы, интерференция, подразумевает наличие механизмов прямого «агрессивного» воздействия на партнера. Биссусные нити мидий могут быть использованы как оружие, способное воздействовать на конкурента (обездвиживание, препятствие открытию сворок и т. п.). Это особенно важно в плотных многослойных поселениях, где подвижность мидий ограничена, и моллюск не может уползти от конкурентов. Первый этап прикрепления — ощупывание субстрата ногами. Мы анализировали время, которое затрачивает мидия на движения ноги при трех вариантах соседства двух особей: ME-ME, MT-MT (одновидовые пары) и ME-MT (разновидовые пары).

Моллюски в разных комбинациях были закреплены на керамических пластинах с помощью цианакрилатного клея, что имитировало обездвиженное положение особи в плотном скоплении мидий. Особи были ориентированы друг к другу брюшными сторонами (расстояние между соседями 1 см). Пластины располагались в аквариуме с прозрачной стенкой, рядом с которой была установлена камера GoPro, производившая видеозапись в режиме timelapse (интервал 3 секунды) в течение одного часа (по результатам пилотных наблюдений — оптимальное время для первой реакции особи, встретившей противника).

После окончания записи мидии были вскрыты и по характеру развития перламутрового слоя оценивали видовую принадлежность мидии. Было описано 8 пар MT-MT, 16 пар ME-ME и 20 пар ME-MT. Каждая пара моллюсков использовалась в эксперименте один раз.

Мы выделили два паттерна движения ноги: нога ощупывает свою собственную раковину (P1), нога ощупывает соседнюю особь (P2). Мы оценили продолжительность времени, когда проявляется тот или иной паттерн (оценивали долю времени проявления паттерна во всем времени, когда нога была вытянута).

Время проявления P1 у ME существенно выше, чем у мидий MT, которые этот паттерн почти не демонстрировали (ME и MT, соответственно, средняя \pm стандартная ошибка: $22 \pm 2,6$ % vs $9 \pm 2,8$ % от общего времени активности ноги, $t = 3,37$, $p = 0,0013$). Эти различия можно трактовать, как разную степень адаптации двух видов мидий к жизни в скоплениях: ME, проявляя паттерн P1, вероятно, лучше контролируют прикрепление биссуса со стороны других мидий.

Мы рассмотрели продолжительность паттерна P2 в разновидовых парах (совместно 68 особей из MT-MT и ME-ME) и одновидовых парах (совместно 40 особей из ME-MT). Доля времени, затраченного на P2, существенно возрастает в разновидовых парах по сравнению с одновидовыми ($31 \pm 2,4$ % vs $16 \pm 3,64$ %, соответственно, $t = 3,5$, $p = 0,0011$). Таким образом, в разновидовых парах мидии дольше ощупывают соседа, что можно трактовать, как попытку облепить биссусом конкурента.

Interference of the White Sea mussels *Mytilus edulis* and *M. trossulus* in mixed settlements

Shchukin V.^{1*}, Khaitov V.^{1,2,3}

¹ Center of Ecology and Biology “Krestovsky ostrov”, Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha

* e-mail: shchukin.v.a11@mail.ru

The interactions between two mussel species were studied in paired setups. In mixed-species pairs, individuals more frequently probed their heterospecific neighbor with their foot, likely attempting byssus placement. This behavior suggests interference competition, where byssus threads are used as a weapon against the other species.

ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Life without eyes: How do stalked jellyfish respond to light?

*Domracheva M. *, Kosevich I.*

Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

* e-mail: m.domracheva2000@yandex.ru

Light detection drives numerous essential animal behaviors, including spatial orientation, predator avoidance, feeding, and reproduction. Cnidarians, as early-diverging metazoans, exhibit remarkable diversity in photodetection structures, from simple photosensory cells to complex image-forming eyes. However, research on cnidarian photoreception has mostly focused on model organisms such as *Hydra vulgaris* and the sophisticated visual systems of box jellyfish (e.g., *Tripedalia cystophora*) leaving many other lineages poorly studied (Taddei-Ferretti et al., 2000; Garm et al., 2022; Stoilova et al., 2025).

This study investigates photic behavior in Staurozoa, a distinctive class of sessile cnidarians. Existing evidence for photosensitivity in staurozoans is limited to descriptions of ocelli in a single species, *Stylocoronella riedli*, despite behavioral observations suggesting that many species react to light even without defined eyes (Blumer et al., 1995). We examined the responses of the eyeless staurozoan *Haliclystus auricula* to high-intensity light of different wavelengths, tested for regional sensitivity differences across the body, and characterized baseline behavior under constant illumination.

Photic responses were tested using three laser wavelengths: red (650 nm), green (532 nm), and violet (405 nm). Individual medusae received localized stimulation applied to two anatomical regions: the stalk and the calyx. Each wavelength-region combination was tested at two exposure durations (10 s and 30 s), with five biological replicates per condition, totaling 60 experimental trials. Control animals were observed under continuous ambient light. Behavioral coding from video recordings included presence or absence of a reaction, type and location of reaction, contraction duration, and recovery time.

We first characterized the baseline behavior of *H. auricula*, which consists of irregular calyx rotations and sporadic contractions of both stalk and calyx. We interpret this pattern as a potential foraging strategy for scanning the surrounding environment for prey. Experimental stimulation revealed a strong avoidance response to violet light, manifested as rapid contraction. In contrast, red and green lasers elicited no detectable deviations from baseline behavior. This selective sensitivity to short-wavelength light suggests wavelength discrimination and supports the presence of functional photoreceptors in *H. auricula*. The avoidance response likely represents a protective mechanism against intense violet or near-UV radiation in natural habitats. Overall, our findings suggest that staurozoans possess a multimodal sensory system capable of regulating posture and movement despite lacking defined eyes and centralized nervous system.

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University № 1025031900094-4-1.6.12-1.6.12, and financial support by RSF grant № 25-24-00700.

Микробиом ставромедузы *Haliclystus auricula*: таксономическое разнообразие и биохимический потенциал

Галушка В.В.^{1,3*}, Фисенко Е.М.¹, Салова И.А.¹, Хабибулина В.Р.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

³ НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург

* e-mail: st809336@student.spbu.ru

Ставромедузы рода *Haliclystus* — это уникальные сидячие стрекающие, обитающие в условиях литорали. Такой образ жизни сопряжен с формированием устойчивости к суточным колебаниям температуры и солености в условиях приливов и отливов, а также с выработкой механизмов антимикробной защиты. Изучение микробиома является актуальной задачей для понимания роли ассоциированных бактерий в жизни ставромедуз.

Целью данной работы было получение и первичная характеристика культивируемых бактерий, ассоциированных со ставромедузой *H. auricula*, для оценки таксономического состава и анализа их потенциального функционального вклада в адаптацию организма-хозяина.

Особь *H. auricula* были собраны в августе 2025 г. в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море). Первичный посев бактерий осуществляли методом серийных разведений гомогената из медуз на плотные питательные среды (морской агар Зобелла, минеральная среда Гольдберга). Культивирование проводили при температуре +5 °С в течение 14 суток. Изолированные колонии пересеивали методом истончающего штриха для получения чистых культур.

Нами была получена коллекция из 44 бактериальных изолятов. Для первичной таксономической идентификации использовали метод MALDI-TOF MS, однако его результаты в ряде случаев требовали уточнений. Точная видовая идентификация штаммов была проведена методом секвенирования V3-V4 фрагмента гена 16S рНК.

Таксономический профиль выделенных культур соответствует данным мета-баркодирования 16S рНК, выполненного для *H. auricula*, где роды *Pseudoalteromonas*, *Marinomonas*, *Flavobacterium* занимают существенную долю в структуре микробного сообщества. Выделение эвригалинного и психрофильного вида *Psychrobacter cibarius* свидетельствует о том, что в состав микробиома медузы входят бактерии, физиологически адаптированные к ключевым стрессовым факторам литорали — колебаниям солености и низкой температуре.

Полученная коллекция бактерий, ассоциированных с *H. auricula* представляет ценную основу для дальнейших исследований. Планируется проведение скрининга изолятов на наличие хитиназной, алгинатлиазной и антимикробной активности для проверки гипотезы о роли бактерий в пищеварении и защите организма-хозяина.

The microbiome of the stalked jellyfish *Haliclystus auricula*: taxonomic diversity and biochemical potential

Galushka V.^{1,3*}, Fisenko E.¹, Salova I.¹, Khabibulina V.^{1,2}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

³ Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Saint Petersburg

* e-mail: st809336@student.spbu.ru

A collection of 44 bacterial isolates from *Haliclystus auricula* was obtained. Dominant genera (*Pseudoalteromonas*, *Shewanella*, *Marinomonas*) were identified by MALDI-TOF MS and 16S rRNA sequencing. Most of the strains adaptations to host environment such as psychrophily, protease/lipase production, and agar hydrolysis, suggesting roles in organic substrate degradation.

Что скрывают малютки: миниатюризация брахиопод

Селищева А.А. *, Кузьмина Т.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

* e-mail: selav21@mail.ru

Брахиоподы — морские беспозвоночные из группы Lophophorata, которые являются минорным компонентом бентоса Мирового океана. Хотя максимальная биомасса брахиопод приурочена к границе шельфа и континентального склона, существуют виды, обитающие в неблагоприятных для большинства брахиопод условиях, например, на больших глубинах или в местах сильных течений. Часть этих видов характеризуется сравнительно небольшими (до 3–5 мм) размерами и называется микроморфными. В Арктике обитают два таких вида: *Cryptopora gnomon* и *Pelagodiscus atlanticus*. По-видимому, для них миниатюризация является ключевой стратегией приспособления к глубоководной жизни в холодных морях. Анатомические исследования микроморфных брахиопод в основном сосредоточены на изучении половой системы, поскольку для некоторых миниатюрных брахиопод характерно нетипичное для большинства видов вынашивание потомства в специализированных выводковых сумках, тогда как данные по строению лофофора, пищеварительной, мышечной или выделительной систем органов отсутствуют или недостаточны. Настоящее исследование направлено на выявление анатомических проявлений миниатюризации брахиопод на примере микроморфного вида *Phaneropora galatheaе* (подотряд Terebratellidina, Северная Атлантика, глубина сбора — 4297 м).

У взрослых особей сохраняется зиголофный тип лофофора — промежуточная онтогенетическая стадия перед более сложным плектолофным типом. Взрослые особи имеют одинарный ряд недифференцированных щупалец ювенильной морфологии. Скелет лофофора редуцирован: характерная для подотряда Terebratellidina длинная петля полностью отсутствует, ее функцию выполняет развитый спикульный комплекс в соединительной ткани. Пищеварительная система также имеет ювенильную черту — наличие лишь одной пары протоков железы с малым числом ацинусов. Эти признаки указывают на гетерохронии в развитии для быстрого достижения половозрелости в бедной ресурсами среде. Кроме того, наблюдается пространственная оптимизация внутренних органов. Для этого вида характерна гипертрофия медиальной септы, которая, вероятно, служит опорой для лофофора и позволяет изменять его положение, освобождая пространство для объемных гонад. Уникальной чертой является крепление спинных педальных мышц к основанию этой септы, а не к замочным пластинам. Это увеличивает плечо силы мышцы, повышая способность к реориентации раковины в условиях слабых абиссальных течений, и одновременно оптимизирует пространство для крепления аддукторов. Метанефридии имеют упрощенный, не образующий складки эпителий.

Таким образом, эффектами миниатюризации *Ph. galatheaе* являются ювенильные черты в организации лофофора, упрощение морфологии пищеварительной и выделительной систем и проявление пространственной компактизации внутренних органов в ограниченном пространстве между створками раковины. *Ph. galatheaе* демонстрирует комплекс анатомических признаков, свидетельствующих о педоморфозе как механизме возникновения микроморфизма.

What do the little ones hide: brachiopod miniaturization

Selischeva A. *, Kuzmina T.

Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

* e-mail: selav21@mail.ru

We studied the anatomy of the micromorph brachiopod *Phaneropora galatheaе*, which inhabits the abyssal zone of the ocean. The identified features indicate a paedomorphic origin of the species and suggest that micromorphism is an adaptation to deep-sea life.

Особенности организации выводковой камеры *Patinella verrucaria* (Bryozoa: Cyclostomatida)

Вахрушев А.Е.^{1,2*}, Темерева Е.Н.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра биологической эволюции, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

* e-mail: a.e.vakhr@gmail.com

Stenolaemata — наиболее древняя группа мшанок, некоторые вымершие представители которой обладали структурами, предположительно выполнявшими функции вынашивания личинок или служившиеместищем для симбионтов. Современные представители этого класса формируют гонозооиды или выводковые камеры, которые, несомненно, выполняют функции вынашивания и матротрофии. Их подробное изучение позволит более уверенно говорить о функциях сходных структур у вымерших представителей Stenolaemata. Помимо этого, новые данные о строении вынашивающих образований могут улучшить наше понимание эволюцию паттернов размножения у Bryozoa. Ультратонкое строение вынашивающих структур изучено только на гонозооидах одного вида циклостомат — *Crisiella producta* (Nekliudova, et al., 2021). Целью настоящей работы является изучение особенностей морфологии и тонкого строения выводковых камер *Patinella verrucaria*.

Выводковая камера — крупная структура в центре половозрелой колонии; ее поверхность несет множество скелетных ячеек — вторичных альвеол. Формирование камеры происходит в результате слияния аутозооидов и альвеол. В старых колониях несколько выводковых камер могут сливаться друг с другом. Внутренняя полость камеры имеет фестончатую или звездчатую форму и связана с окружающей средой посредством широкого отверстия — ооэциостома, расположенного на невысоком выросте крыши выводковой камеры. Полость выстлана мягкими тканями, которые в области ооэциостома формируют особый клеточный комплекс, образованный многочисленными клетками с длинными интердигитирующими отростками и развитым синтетическим аппаратом. Клетки апикального комплекса связаны друг с другом клеточными контактами. Вблизи ооэциостома мягкие ткани формируют два эпителиальных слоя, разделенных внеклеточным матриксом: внешний соответствует эпителию покровов, а внутренний — целомуцелому эпителию аутозооида. Клетки, обращенные в полость, содержат многочисленные бактерии. Дистальнее от ооэциостома внешний эпителий не формирует непрерывного слоя, а клетки внутреннего слоя чрезвычайно крупные, отростчатые, содержат развитый синтетический аппарат, фагосомы и продукты обмена. Отростки этих клеток заходят глубоко между эмбрионами, формируя своего рода оболочку вокруг каждого из молодых зародышей. В некоторых участках мягкие ткани формируют 3 слоя.

Строение выводковой камеры *P. verrucaria* принципиально отличается от строения гонозооида *C. producta*: у *P. verrucaria* псевдоцель и питающая ткань полностью отсутствуют, клетки апикального комплекса не формируют ценоцития. Возможную функцию питания, накопления продуктов обмена и заселения эмбрионов бактериями выполняет эпителий целомуцелой выстилки. Несмотря на различия, у обоих видов присутствует так называемый “upper cell complex”, расположенный вблизи ооэциостома и закрывающий вход во внутреннее пространство гонозооида или выводковой камеры.

Работа выполнена при поддержке РФФ (№ 23-14-00020).

Features of the organization of the brood chamber of *Patinella verrucaria* (Bryozoa: Cyclostomatida)

Vakhrushev A.^{1,2*}, Temereva E.^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Evolutionary Department

² Lomonosov Moscow State University, Invertebrate Zoology Department

* e-mail: a.e.vakhr@gmail.com

Near the oocystostome, soft tissues form two epithelial layers separated by an extracellular matrix. Distal from the oocystostome, the outer epithelium does not form a continuous layer. Inner cells are large and their appendages go deep between the embryos.

Голопелагические Annelida Северной Пацифики и прилежащих арктических водных масс

Макарычева А.Ю.¹, Колбасова Г.Д.², Абызова Г.А.³, Мингалев Г.А.⁴, Коновалова О.П.^{2,5}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

³ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

⁴ Московский физико-технический институт, Москва

⁵ Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

* e-mail: a.makarycheva@alumni.nsu.ru

Некоторые группы планктона, несмотря на долгую историю изучения данных сообществ, остаются слабоизученными. Одной из таких групп являются голопелагические многощетинковые черви: представители Annelida, которые весь свой жизненный цикл проводят в пелагиали. Из-за своей малочисленности и относительной хрупкости, в музейных коллекциях они оказываются, как правило, в плохом состоянии (Гагаев и Кособокова, 2012). По некоторым акваториям, таким как северная часть Тихого океана, актуальных данных о распространении голопелагических Annelida крайне мало (Ушаков, 1955; Dales, 1957). Очевидно, что их фауна требует ревизии.

Цель настоящей работы — определить биоразнообразие и особенности распространения голопелагических Annelida в Северной Пацифике и прилежащих арктических водных массах.

Материал был получен 2–23 сентября 2025 года в рамках рейса НИС «Профессор Мультиановский» по программе Плавающий университет. Было отобрано 60 проб в Беринговом море, Беринговом проливе и Чукотском море. Лов производился при помощи зоопланктонных сетей Джеди и ИКС от поверхности воды до дна. Сконцентрированные пробы просматривали под бинокулярным микроскопом МБС-10, из них извлекали представителей Annelida. Отобранных особей фиксировали в 96 % этаноле.

Голопелагические Annelida были встречены в 22 пробах, причем их наибольшее разнообразие наблюдалось на глубоководных участках Берингова моря. В Чукотском море их встречаемость и разнообразие значительно уменьшились, однако голопелагические Annelida попадались на станциях, совпадающих с путями распространения Тихоокеанских водных масс. Вероятно, в Чукотское море Annelida переносятся вместе с ними. По предварительным оценкам, отловленные особи относились к 8 видам. Были обнаружены представители четырех семейств голопелагических Annelida: Iospilidae (1 вид), Lopadorrhynchidae (4 вида), Tomopteridae (2 вида) и Typhloscolecidae (1 вид). Наиболее встречаемый вид — *Phalacrophorus borealis* (Reibisch, 1895); он был найден во всех обследованных морях. В дальнейшем, при помощи молекулярно-генетического анализа, на примере данного вида будет проведена проверка гипотезы о распространении голопелагических Annelida в Чукотском море. Также примечательно обнаружение особи, морфологически схожей с видом *Pelagobia serrata* (Southern, 1909): первый и последний раз данный вид был найден и описан в районе западного побережья Ирландии в 1909 году.

Таким образом, наблюдается меридианный градиент разнообразия голопелагических Annelida в исследованных акваториях, вероятно ассоциированный с их гидрофизическими особенностями. В дальнейшем планируется уточнение видов обнаруженных особей, секвенирование участков 18S и 28S рДНК для проведения молекулярно-филогенетического анализа, построение карт распространения видов, а также проверка влияния гидрофизических и гидрохимических характеристик водных масс на встречаемость голопелагических Annelida.

Исследование выполнено в рамках Всероссийской научно-образовательной программы «Плавающий университет» (соглашение № 075-03-2025-662/8).

Holopelagic Annelida of the North Pacific and adjacent Arctic water masses

Makarycheva A.¹, Kolbasova G.², Abyzova G.³, Mingalev G.⁴, Konovalova O.^{2,5}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Lomonosov Moscow State University, Moscow

³ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

⁴ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow

⁵ Marine research center of Lomonosov Moscow State University, Moscow

* e-mail: a.makarycheva@alumni.nsu.ru

We analyzed holopelagic Annelida biodiversity in the North Pacific and Arctic waters using samples from the 2025 “Professor Multanovsky” expedition. We identified eight species across four families, observing a meridional diversity gradient peaking in deep Bering Sea waters. Our findings suggest Pacific currents transport these Annelida into the Chukchi Sea.

Криоконитовые тихоходки Земли Франца-Иосифа: первые данные о фауне ледниковых тихоходок России

Цветкова А.Ю.^{1,2*}

¹ Зоологический институт РАН, лаборатория морских исследований, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

* e-mail: combnov@gmail.com

Криоконит — темный осадок, скапливающийся на поверхности ледников. Криоконит состоит из неорганического материала (более 95 % массы) и органического вещества (живого и мертвого) (Edwards et al., 2014; Cook et al., 2015). Низкое альbedo такого осадка приводит к таянию льда под ним и образованию цилиндрических криоконитовых стаканов, на дне которых формируется уникальный микроклимат. Температура в криоконитовых стаканах практически равна нулю: среднее значение для ледников Арктики летом составляет 0,08 °С, а максимальное — 0,22 °С. (Zawierucha et al., 2019). Биота криоконитов представлена преимущественно бактериями, а также протистами, водорослями и микроскопическими беспозвоночными, причем разнообразие последних изучено значительно хуже. По данным 2014 года с криоконитовыми стаканами было ассоциировано всего 25 видов беспозвоночных, принадлежащих к 5 типам: Rotifera, Annelida, Tardigrada, Nematoda и Arthropoda (Zawierucha et al., 2014).

Тихоходки (Tardigrada) — это группа микроскопических беспозвоночных, в настоящее время выделяемая в ранге самостоятельного типа. Тихоходки широко распространены в природе и встречаются во всех типах водных экотопов — от морских глубин до высокогорий. Многие виды способны выживать и даже процветать в экстремальных условиях благодаря уникальным адаптациям, например способности к криптобиозу.

Изучение тихоходок арктических регионов ведется с XIX века, однако исследований, посвященных ледниковым тихоходкам, крайне мало, а для территории России они отсутствуют вообще. При этом для других регионов в последние годы стремительно растет количество обнаруженных видов. Кроме того, по материалу Tardigrada, полученного из криоконитовых стаканов, недавно было выделено 2 новых рода: *Cryoconicus* (Zawierucha et al., 2018) и *Cryobiotus* (Dastych, 2019), включающий в себя 4 облигатно криоконитовых вида. Все это свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения тихоходок ледниковых сообществ.

Fontourion glaciale (Zawierucha et al., 2020) из семейства Pilatobiidae впервые описан из Гренландии, но также был найден на Шпицбергене. Он является одним из немногих видов тихоходок, встречающихся исключительно в криоконитовых стаканах и, вероятно, имеющих специфические адаптации к экстремальным условиям этих сообществ. В ходе комплексной экспедиции Русского Географического Общества на остров Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа, национальный парк «Русская Арктика») в августе-сентябре 2025 года в пробах криоконитов с купола Кропоткина была обнаружена популяция *F. glaciale*. Таксономическое положение подтверждено морфологическими и молекулярными методами. Таким образом, в ходе данного исследования получены первые данные по тихоходкам ледников Земли Франца-Иосифа и территории России в целом.

Проект выполняется при поддержке гранта РНФ № 25-74-20033.

Glacier tardigrades of Franz-Josef Land: new data on Tardigrada from cryoconite holes in Russia

Tsvetkova A.^{1,2*}

¹ Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Marine Research, Saint Petersburg

* e-mail: combnov@gmail.com

Cryoconite holes are unique ecosystems forming on glaciers. Tardigrade fauna of cryoconite holes is poorly studied, with no data available on Russian glacial tardigrades. This study provides the first record of cryoconite obligatory tardigrade species *Fontourion glaciale* (Zawierucha et al., 2020) on Franz-Josef Land archipelago and in Russia.

Все страньше и страньше: новые данные об организации *Holopedium gibberum* (Crustacea: Cladocera: Holopediidae)

Кроленко В.И.^{1}, Темерева Е.Н.², Котов А.А.¹*

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, лаборатория экологии водных сообществ и инвазий, Москва

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра биологической эволюции, Москва

* e-mail: vikrolenko@gmail.com

Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) — одна из доминирующих групп микроскопических животных в планктоне и бентосе континентальных водоемов самых различных типов (Коровчинский и др., 2021). Роль кладоцер в пресноводных и даже морских экосистемах велика, однако ряд вопросов по их биологии остается открытым, не в последнюю очередь, из-за недостатка анатомических данных. Представители монотипического семейства Holopediidae отряда Ctenopoda — род *Holopedium* — обитают в пелагиали крупных озер северной части России, и разительно выделяются на фоне прочих кладоцер рядом оригинальных адаптаций. Тело *Holopedium* одето прозрачной слизистой оболочкой, выполняющей защитную и поплачковую функцию и существенно ограничивающей подвижность животного (Коровчинский, 2004). Точных данных о механизмах ее образования нет, предполагается, что она секретруется дорсальным органом — железой, присутствующей на некоторых стадиях жизненного цикла у ряда групп ракообразных и располагающейся в головном конце.

Цель работы — выявление особенностей анатомии *H. gibberum*, которые могут быть связаны с наличием слизистой оболочки. Материал собран в окрестностях ББС МГУ, зафиксирован смесью глутаральдегида и параформальдегида и исследован при помощи гистологических методов, световой, трансмиссионной электронной микроскопии и компьютерной микротомографии.

На латеро-вентральной части створок карапакса взрослых *H. gibberum* имеются мощные поля секреторных клеток, в то время как дорсальный орган отсутствует. По-видимому, эти клетки секретируют слизь, а затем она разбухает при контакте с водой. Другое преобразование, связанное с наличием слизистой оболочки, касается строения сердца. У *H. gibberum* оно мешковидное, его стенки сложены однослойными миокардом, как и у прочих кладоцер, однако относительно более толстые. Уникально наличие в сердце продольной перегородки, не описанной ранее для других видов кладоцер и ракообразных в целом. Она состоит из монослоя миокардиальных клеток и доходит до вентральной стенки в желудочковой части сердца, а в передней и задней частях представляет собой вырост крыши сердца. Возможно, наличие перегородки и толстого миокарда интенсифицирует работу сердца, что важно в условиях уменьшения подвижности животного из-за слизистой оболочки и как следствие снижения газообмена.

Преобразования, связанные с уменьшением подвижности и наличием защитной оболочки, затрагивают не только внешнее, но и внутреннее строение *H. gibberum*. Сравнение анатомии кладоцер и других Crustacea может пролить свет на особенности функциональной морфологии микроракообразных в целом.

Curiouser and curiouser: new data on the organisation of *Holopedium gibberum* (Cladocera: Holopediidae)

Krolenko V.^{1}, Temereva E.², Kotov A.¹*

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Laboratory for Ecology of Aquatic Communities and Invasions, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Department of Biological Evolution, Moscow

* e-mail: vikrolenko@gmail.com

We studied anatomy of cladoceran *Holopedium gibberum* (Ctenopoda: Holopediidae) to realize if there are any transformations due to the presence of the external jelly coat. We have described lateral glandular fields in *H. gibberum* carapace and several unique modifications of the heart structure: thick myocardium and presence of longitudinal septum.

Биогеография и филогенетическое положение *Ophryoxus gracilis* Sars, 1862 (Branchiopoda: Anomopoda: Ophryoxidae)

Дадыкин И.А. *, Перебоев Д.Д., Гарибян П.Г.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

* e-mail: ivan.dadykin@gmail.com

Ветвистоусые ракообразные-аномоподы (Branchiopoda: Anomopoda) — один из основных компонентов фауны континентальных водоемов. К настоящему моменту применение молекулярно-генетических методов позволило разрешить ряд вопросов о филогении различных групп аномопод. Однако общая филогения отряда до сих пор реконструирована лишь на основе морфологических данных (Dumont and Silva-Briano, 1998), причем многие представители не описаны должным образом. В частности, мало известно о морфологическом и генетическом разнообразии небольшого пелагического семейства Ophryoxidae, ранее включавшегося в состав Macrothricidae. Самый широко распространенный вид семейства, *Ophryoxus gracilis* Sars, 1862, населяет бореальные области Евразии и Северной Америки и включает три подвида (*O. g. gracilis*, *O. g. kolymensis* и *O. g. canadensis*), которые некоторые авторы рассматривают как отдельные виды (Rogers et al., 2019). Целью данной работы стала ревизия *O. gracilis* на основе морфологических данных и баркодинга митохондриальной ДНК и уточнение филогенетического положения *Ophryoxus* на основе данных полных митохондриальных геномов.

Мы изучили 42 популяции *O. gracilis* из различных регионов Северного полушария. Для 35 популяций получены последовательности участка 16S рРНК (~ 400 п. о.), а для 21 — также последовательности Фолмеровского участка COI (~640 п. о.). На основе этих маркеров выявлены три хорошо обособленные клады внутри *O. gracilis*, которые по распространению примерно соответствуют описанным ранее подвидам. Клада А (“*gracilis*”) имеет транспалеарктический ареал, доходящий на восток до Магаданской области. Клада В (“*kolymensis*”) обнаружена на Таймыре и Камчатке, а клада С (“*canadensis*”) обитает на востоке Северной Америки. Сходный географический паттерн характерен для макротрицид *Lathonura* (Dadykin and Pereboev, 2025) и *Drepanothrix* (Дадыкин, неопубл.), а значительные различия между западно- и восточноевразийскими популяциями обнаружены у многих аномопод (Garibian et al., 2018). Однако в случае *O. gracilis* нам не удалось выявить определяющих признаков, характерных для каждой клады. Форма прелабральных выростов, считавшаяся диагностическим признаком подвигов (Smirnov, 1992), оказалась очень изменчива даже в рамках отдельных популяций. Таким образом, *O. gracilis*, вероятно, представляет собой группу криптических видов.

Анализ данных полных митохондриальных геномов показывает, что Ophryoxidae представляют собой монофилетическую группу, но не родственны Macrothricidae. По нашим данным, ближайшими родственниками Ophryoxidae являются плезиоморфные аномоподы Acantholeberidae, и оба эти семейства сближаются с Chydoridae. Это интересный результат, поскольку большая часть пелагических аномопод относится к другой эволюционной линии. Дальнейшее изучение офриоксид может пролить свет на возможные пути перехода некоторых Anomopoda к жизни на субстрате.

Проект выполняется при поддержке гранта РФФИ № 25-74-00070 «Особенности зональной дифференциации сообществ и фаун ветвистоусых ракообразных Дальнего Востока РФ и прилегающих территорий».

Biogeography and phylogenetic position of *Ophryoxus gracilis* Sars, 1862 (Anomopoda, Ophryoxidae)

Dadykin I. *, Pereboev D., Garibian P.

Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow

* e-mail: ivan.dadykin@gmail.com

We studied morphology, biogeography and phylogenetic position of anomopod *Ophryoxus gracilis*. Our results confirm that *O. gracilis* includes three geographically separated clades which, however, lack morphological differences and are likely cryptic species. Complete mitochondrial genome analysis shows that Ophryoxidae are close to Acantholeberidae and Chydoridae but distant from Macrothricidae.

Происхождение северных популяций широкоареальных видов насекомых в Палеарктике на примере клопов-слепняков из подсемейства Mirinae (Insecta: Heteroptera: Miridae)

Ягодская В.А.^{1*}, Намятова А.А.^{2,3}, Джелали П.А.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра энтомологии, Санкт-Петербург

² Зоологический институт РАН, лаборатория систематики насекомых, Санкт-Петербург

³ Всероссийский институт защиты растений, лаборатория фитосанитарной диагностики и прогнозирования, Санкт-Петербург

* e-mail: vlada.iaghodskaia.03@mail.ru

Многие широкоареальные виды насекомых распространены в северных регионах Палеарктики. Эти территории были заселены недавно, поскольку во время последнего оледенения виды сдвигали свои ареалы в рефугии. Изучение северных популяций широкоареальных видов позволяет реконструировать пути их расселения по Евразии во время голоцена.

Цель работы — изучение возможных путей миграций широкоареальных видов клопов-слепняков на север Палеарктики. Выбраны виды с разным типом распространения. *Leptopterna dolabrata* Linnaeus, *Agnocoris rubicundus* Fallén + *Agnocoris reclairei* Wagner, *Lygus rugulipennis* Poppius, *Stenodema holsata* Fabricius и *Stenodema calcarata* Fallén транспалеаркты, то есть распространены от западной Европы до Дальнего Востока. *Liocoris tripustulatus* Fabricius, *Leptopterna ferrugata* Fallén и *Notostira elongata* Geoffroy распространены в Европе и Сибири, но не доходят до Дальнего Востока. Всего было проанализировано 214 особей из Палеарктики (17 особей) и Палеарктики, включая заполярные регионы (13 особей), север (33 особи), среднюю часть (84 особи) и юг (19 особей) Европы и Европейской части России, южный Кавказ (7 особей), Сибирь (27 особей), Дальний Восток и Корею (6 особей), а также центральную Азию (2 особи), Ближний Восток (4 особи), Китай (1 особь) и север Африки (1 особь). Для них были построены филогенетические деревья и сети гаплотипов с использованием четырех маркеров: CO1, ITS1, 16S rRNA, Ca-ATPase.

Наибольшая изменчивость по маркеру CO1 позволила выделить две группы видов. В первую вошли *N. elongata*, *L. dolabrata*, *S. calcarata* и *S. holsata*, чьи северные гаплотипы идентичны или связаны с центральноевропейскими. Северные гаплотипы группы значительно отличаются от южноевропейских, среднеазиатских и восточносибирских. Вторая группа включает *A. rubicundus* + *A. reclairei*, *L. tripustulatus*, *L. ferrugata* и *L. rugulipennis*. У видов группы северные гаплотипы распространены в центральной и южной частях Палеарктики. *Agnocoris rubicundus* + *A. reclairei* имеют отдельные северные гаплотипы, связанные с двумя гаплотипами из Западной Сибири. Виды, собранные из заполярных областей Европы и России, имеют гаплотипы, идентичные или близкие гаплотипам из центральной Европы и центральной и южной России. При этом только *L. rugulipennis* был собран в заполярных регионах Сибири, и этот гаплотип широко распространен в Палеарктике.

Наши исследования показывают смешанное происхождение популяций северных регионов Палеарктики. Во многих случаях они генетически близки к популяциям центральных и южных частей Палеарктики, кроме Кавказа и Ближнего Востока. Северные популяции *Leptopterna ferrugata* и *L. rugulipennis*, по крайней мере, частично, могут иметь азиатское происхождение.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №25-24-00908.

The origin of northern populations of widespread insect species in the Palearctic using the example of bugs from the subfamily Mirinae (Insecta: Heteroptera: Miridae)

Yagodskaya V.^{1*}, Namyatova A.^{2,3}, Dzhelali P.²

¹ Saint Petersburg State University, Department of Entomology, Saint Petersburg

² Zoological Institute RAS, Laboratory of Insect Taxonomy, Saint Petersburg

³ All-Russian Institute of Plant Protection, Laboratory of Phytosanitary Diagnostics and Forecasts, Saint Petersburg

* e-mail: vlada.iaghodskaia.03@mail.ru

Possible origin of widespread Mirinae species to the northern Palearctic was studied. Haplotype networks have shown the proximity of populations from the northern, central and southern Palearctic, except for the Caucasus and the Middle East. At least some northern populations of *Leptopterna ferrugata* and *L. rugulipennis* could have Asian origin. The study was supported by the RSF grant №25-24-00908.

Особенности организации головных хрящей у кальмара *Okutania anonycha*

Родионов Р.Д.^{1*}, Темерева Е.Н.^{1,2}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

² Московский государственный университет, имени М.В. Ломоносова, кафедра биологической эволюции, Москва

* e-mail: romario17022003@gmail.com

Хрящевая ткань, долгое время считавшаяся уникальным признаком хордовых, широко распространена среди беспозвоночных, включая головоногих моллюсков, у которых структуры, состоящие из хрящевой ткани, образуют аппарат, замыкающий мантию, армируют плавники, основания рук и воронку, поддерживают глаза и окружают мозг, формируя хрящевой череп (Cole et al., 2009). Строение хрящевого черепа головоногих моллюсков представляет особый интерес, т.к. многочисленные отростки хондроцитов соединены между клетками контактами особого типа, которые, вероятно, позволяют всей ткани функционировать как синцитий и отсутствуют в хрящах позвоночных животных (Del Rio-Hortega, 1918; Vairati et al., 1998). Тканевая организация хрящевых черепов головоногих отличается по соотношению клеточных и неклеточных компонентов, например, у кальмаров, обитающих в неритической и океанической зонах (Nixon, 1998). Кроме того, форма черепа различается у представителей разных групп головоногих (Nixon, 1998), а также напрямую зависит от относительных размеров долей мозга, что коррелирует со степенью развитости различных органов чувств и, как следствие, с образом жизни животного. Также черепные хрящи головоногих моллюсков известны из палеонтологической летописи (Lukeneder et al., 2022). Таким образом, изучение этих структур важно для понимания происхождения и эволюции опорных соединительных тканей у Bilateria и может служить основой для реконструкции мягких тканей вымерших групп головоногих, а также для систематических построений в рамках ныне живущих групп при использовании формы черепных хрящей в качестве систематического признака.

Цель работы — комплексное исследование гистологического строения, общей морфологии и топологических связей головных хрящей с окружающими тканями (мозгом и мышцами) у кальмара *Okutania anonycha* (Percy & Voss, 1963) из семейства Gonatidae. Объектом исследования послужили фиксированные экземпляры *O. anonycha* из коллекции Зоологического музея МГУ, которые были изучены методами гистологической техники, световой микроскопии, рентгеновской микротомографии и 3D моделирования. Хрящевой череп *O. anonycha* представляет собой высокоспециализированную структуру, чья гистология и морфология напрямую коррелируют с формой мозга и особенностями образа жизни моллюска. Впервые показано, что отростки всех хондроцитов на некоторых участках хряща ориентированы в матриксе определенным образом — перпендикулярно поверхности хряща. Кроме того, отростки, отходящие от групп сестринских хондроцитов, не направлены внутрь этой группы клеток и не отходят от каждого хондроцита во всех направлениях, как считалось ранее. Полученные данные расширяют наши представления о разнообразии и организации хрящевых тканей у беспозвоночных и создают основу для сравнительно-морфологических исследований и палеонтологических реконструкций.

Peculiarities of the head cartilage in the squid *Okutania anonycha*

Rodionov R.^{1*}, Temereva E.²

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Evolutionary Biology Department, Moscow

* e-mail: romario17022003@gmail.com

Cartilage is traditionally considered as the feature of chordate, whereas it is widespread in invertebrates, including cephalopods. We studied the head cartilage of squid *Okutania anonycha* using histology, micro-CT, and 3D reconstructions. New data on *O. anonycha* head cartilage expands our understanding of invertebrate cartilage evolution and aiding paleontological reconstructions.

Первое детальное описание постбранхиального тракта асцидии *Styela rustica* (Linnaeus, 1767)

Кобелецкая М.А.^{1*}, Темерева Е.Н.^{1,2}

¹ Московский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

² Московский государственный университет, кафедра биологической эволюции, Москва

* e-mail: margarita.kobeletskaya@gmail.com

Асцидии — это морские бентосные животные, подавляющее большинство которых является фильтраторами. Почти все внутреннее пространство асцидий занимает пищеварительная система, которую можно подразделить на пронизанную жаберными щелями фильтрующую глотку и органы постбранхиального тракта. Строение жаберной глотки имеет таксономическое значение, а особенности организации постбранхиального отдела, возможно, определяют эффективность работы всей пищеварительной системы. Соответственно, детали строения пищеварительного тракта асцидий интересны как с таксономической, так и с физиологической точки зрения. Пищеварительная система массового в Белом море вида асцидий *Styela rustica* ранее никогда не была исследована на гистологическом и ультраструктурном уровнях. Материал для данной работы собран в сентябре 2025 года в окрестностях ББС МГУ, животных вскрывали, участки кишечника фиксировали 2,5 % глутаральдегидом и по стандартной методике подготавливали для исследования методами гистологической техники и электронной микроскопии.

Постбранхиальный тракт образован сравнительно коротким трубкообразным пищеводом, за которым следует длинный, согнутый пополам широкий желудок, переходящий в кишечник, формирующий двойную петлю и заканчивающийся ректумом. Просвет пищевода *S. rustica* в поперечном сечении имеет форму четырех- или пятиконечной звезды. Стенка пищевода образована столбчатым микровиллярным железистым эпителием, который подостлан слоем рыхлой соединительной ткани, пронизанной немногочисленными пилорическими трубочками. Стенка желудка формирует многочисленные продольные складки. Эпителий верхушек складок образован ресничными клетками, продуцирующими слизистый секрет. В эпителии средней части складок находятся клетки, демонстрирующие признаки апокриновой секреции и содержащие множество мелких электронно-прозрачных вакуолей в апикальной части и очень крупные, более 6 мкм в диаметре, вакуоли в средней части, которые содержат фиброзный материал средней электронной плотности. В кишечнике этого вида мы не обнаружили тифлозоля, который ранее был детально описан для другого вида этого рода — *Styela clava* (Kobeletskaya, Temereva, 2025). Эпителий кишечника образован высокими ресничными секреторными и микровиллярными всасывающими клетками. Ресничные клетки содержат многочисленные вакуоли с хлопьевидным материалом, а их апикальные части демонстрируют признаки мерокриновой секреции.

Сравнительный анализ организации постбранхиального отдела кишечника у двух видов рода *Styela* позволяет констатировать наличие существенных различий в общей анатомии, гистологии и ультраструктуре. Возможно, наличие тифлозоля у *Styela clava* обуславливает более эффективное переваривание и всасывание, что позволяет этому виду колонизировать новые акватории, даже бедные фитопланктоном. С другой стороны, *Styela rustica* имеет более протяженный пищеварительный тракт и большее разнообразие клеток в составе пищеварительного эпителия.

Проект выполняется при поддержке РНФ (23-14-00020).

The first detailed description of the postbranchial tract of the ascidian *Styela rustica* (Linnaeus, 1767)

Kobeletskaya M.^{1*}, Temereva E.^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Evolutionary Biology Department, Moscow

* e-mail: margarita.kobeletskaya@gmail.com

The postbranchial tract of an ascidian *Styela rustica* has unique histological and ultrastructural features such as presence of a double loop of the intestine, star-like shape of the transverse section of the esophagus lumen, highly folded epithelium of the stomach, and the presence of histologically different zones of the stomach epithelium.

The effect of lighting on *Cyanea capillata* (Cnidaria: Scyphozoa) planulae's substrate choice

*Evseeva S. *, Kosevich I.*

Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

* e-mail: sonyashaevs@gmail.com

Planulae of scyphozoans of the order Semaestomae exhibit negative phototaxis (Brewer, 1976), positive gravitaxis alternating with negative gravitaxis, a preference for hard, rough substrates (Holst and Jarms, 2006), and predominantly choose the undersides of substrates for settlement. The present study was aimed at determining the effect of lighting on settlement site selection by *Cyanea capillata* planulae, considering substrate type, substrate depth, and settlement on the upper or lower surface.

The substrates used were plates of transparent plastic, dark opaque plastic, and *Mytilus edulis* shells of approximately equal area. One element of each of these substrates was placed in the cylinder at three depth levels. Light was provided from above, below, or from the side throughout the experiment. In some experiments, light was provided from the side only on the first or second day of the experiment. Planulae were counted two days after being placed in the cylinder. A total of 14721 planulae settled on substrates, from 269 to 5178 per experiment.

Our experiments demonstrated that the least frequently chosen substrate was shells, ranging from 3.9 % under constant side lighting to 12.5 % under top lighting. Transparent and opaque plastic were chosen in 53.9 % and 41.0 % of cases, respectively, with constant side light, and 31.6 % and 56.1 % of cases with upper light. This choice can be attributed to the substrate shape—plastic plates, unlike shells, lacked a pronounced relief.

The lower level was always the most preferred. Gravitaxis was most evident in the darkness — 93.3 % of the recorded planulae chose the lowest substrates. Level preference did not change dramatically between experiments. With constant side light, substrate side preference changed significantly comparing with most experiments with constant light — 51.2 % chose the upper sides (versus 27.6 % with top light, $P = 0.268$, 8.2 % with bottom light, $P = 0.037$, and 5.9 % in the dark, $P = 0.027$). A similar pattern was observed when the lights were turned off — 58.6 % of the planulae settled on the upper sides ($P = 0.177$ for upper light, 0.025 for lower light, and 0.019 for darkness). However, when the lights were turned on, only 24.1 % preferred the upper sides. This may indicate that it is light causes changes in settlement patterns. Planulae most frequently chose the undersides of substrates in the dark (93.2 % of cases) and under illumination from below (91.8 %).

Thus, light primarily affects the settling side and does not fundamentally affect the patterns of choosing the height and type of substrate.

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University № 1025031900094-4-1.6.12-1.6.12.

Развитие циклостомной мшанки *Crisiella producta* на стадии первичного эмбриона

Кiryukova Ю.С. *, Богданов Е.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

* e-mail: julik_@list.ru

Циклостомные мшанки (отряд Cyclostomata, класс Stenolaemata, тип Bryozoa) — группа морских колониальных фильтраторов, для развития которых характерно сочетание полиэмбрионии, живорождения и плацентотрофии (Harmer, 1893; Borg, 1926; Nekliudova et al., 2021). В модифицированных зооидах, называемых гонозооидами, из единственной оплодотворенной яйцеклетки образуется первичный эмбрион, дающий начало множеству вторичных эмбрионов, которые развиваются в личинок. Питание зародышей осуществляется за счет плацентарного аналога, формирующегося из материнских тканей. На данный момент есть только одна работа по циклостоматам, посвященная ультраструктуре гонозооидов (Nekliudova et al., 2021). Авторы показали, что плацентарный аналог образуется из мембранной сумки — характерного для циклостомат органа, основной функцией которого является выдвигание полипида — в результате деления ядер клеток мембранной сумки и последующего слияния таких многоядерных клеток. Начальные этапы развития плацентарного аналога к настоящему времени изучены, тем не менее, недостаточно. В частности, неизвестно, участвуют ли в его образовании фолликулярные клетки овария, как предполагали ранние авторы (Robertson, 1903; Borg, 1926).

Целью представленной работы было изучение раннего развития циклостомной мшанки *Crisiella producta* (сем. Crisiidae) при помощи трансмиссионной электронной микроскопии. Материал собран на Беломорской станции СПбГУ в начале июня 2024 г.

Обнаруженные нами первичные эмбрионы были окружены многоядерной клеткой, предположительно имеющей синцитиальную природу. Клетки мембранной сумки на этой стадии в основном оставались неизменными, и лишь некоторые из них демонстрировали признаки дедифференцировки. Поскольку начальных этапов дробления обнаружить не удалось, происхождение многоядерной клетки на этой стадии остается неясным. Мы предполагаем, что она могла образоваться из фолликулярных клеток.

Некоторые из исследованных нами первичных эмбрионов были двухслойными, при этом в клетках наружного слоя были обнаружены структуры, напоминающие кинетосомы. Поскольку вторичные эмбрионы также двухслойны (Harmer, 1893; Borg, 1926; Nekliudova et al., 2021), а развивающиеся из них личинки покрыты ресничками, двухслойность первичных эмбрионов и наличие кинетосом говорят о том, что морфогенез начинается уже на стадии первичного эмбриона.

Во всех изученных эмбрионах бластомеры были расположены рыхло. Более того, в некоторых случаях наблюдались бластомеры, лежащие отдельно от основной эмбриональной массы. Следует отметить, что все ранние авторы, описывавшие развитие циклостомат с использованием световой микроскопии, упоминали о том, что в начале дробления бластомеры лежат отдельно, а потом собираются в единый рыхлый конгломерат (Harmer, 1893; Borg, 1926). Такое же явление неоднократно наблюдали у различных видов сальп (Иванова-Казас, 1978). Полученные нами данные подтверждают эти наблюдения.

Development of cyclostome bryozoan *Crisiella producta* at the stage of primary embryo

Kiryukova Yu. *, Bogdanov E.

Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

* e-mail: julik_@list.ru

The aim of this work was to describe the early development of the cyclostome bryozoan *Crisiella producta*. We have investigated the early embryogenesis and the early formation of the placental analogue and have found that the primary embryo is enveloped in a giant multinucleated cell, bilayered and has loose structure.

Ультраструктурный анализ оогенеза у мшанки *Amathia* sp. (Bryozoa, Ctenostomata)

Смелкова В.И. *, Островский А.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

* e-mail: smelkova99@bk.ru

Объектом настоящего исследования является *Amathia* sp. (Bryozoa, Ctenostomata) — мшанка из Охотского моря, обитающая на талломах красных водорослей. У средиземноморского вида из того же рода *A. verticillata* ранее описана ультраструктура плацентарного аналога, формирующегося во время вынашивания эмбриона в щупальцевом влагище (Schwaha et al., 2019). Данные по ультраструктуре оогенезу и строению овария в литературе отсутствуют.

Определение репродуктивных стратегий основано на сравнении типов оогенеза и вынашивания потомства (или его отсутствия) (Ostrovsky, 2021). Вынашивание может сопровождаться экстраэмбриональным питанием, о наличии которого можно судить по данным трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) и динамике увеличения размера эмбриона.

В ходе ТЭМ-исследования нами были получены первые данные об ультраструктуре овариев *Amathia* sp., расположенных на стенке цистида.

Во всех восьми исследованных яичниках было обнаружено по два ооцита, окруженных фолликулярными клетками. Между лидирующим (более крупным) и вторым ооцитом обнаружены интердигитации мембран и клеточные контакты. Также в районе интердигитаций находится большое количество везикул, что предполагает наличие транспорта веществ между ооцитами. Интердигитации также обнаружены между ооцитом и фолликулярными клетками.

Оварию всегда локализуется в непосредственной близости от слепого отдела желудка. Обращенная к нему оолема ооцитов формирует микровилли, а фолликулярный эпителий над ними истончается. Примечательно, что обращенные к оварию энтероциты стенки желудка также демонстрируют выраженную складчатость базальной клеточной мембраны, отсутствующую у других клеток кишечника.

Полученные предварительные результаты позволяют выделить три основных пути транспорта веществ к лидирующему ооциту: от фолликулярных клеток, от второго ооцита и от энтероцитов желудка. Мы предполагаем, что истончение фолликулярных клеток в местах формирования микровилл обеспечивает эффективное поглощение питательных веществ ооцитом непосредственно из целомической жидкости, куда эти вещества поступают из кишечника.

Проект выполняется при поддержке гранта РНФ - 23-14-00351.

Ultrastructural analysis of oogenesis in *Amathia* sp. (Bryozoa, Ctenostomata)

Smelkova V. *, Ostrovsky A.

Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

* e-mail: smelkova99@bk.ru

We studied a female gonad of *Amathia* sp. and found extracellular transport between oocytes, follicular epithelium and cells of the stomach.

Американцы в России: первое обнаружение тихоокеанского *Melanochlamys diomedea* (Gastropoda: Aglajidae) в Баренцевом море

Табачникова К.С.^{1*}, Гришина Д.Ю.¹, Хабибулина В.Р.^{2,3}, Старунов В.В.⁴, Екимова И.А.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург

³ Зоологический институт РАН, ЦКП «Таксон», Санкт-Петербург

⁴ Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии, Санкт-Петербург

* e-mail: ktabachnikova@yandex.ru

Род брюхоногих моллюсков *Melanochlamys* Cheeseman, 1881 распространен преимущественно в тропических водах Индо-Тихоокеанской области Мирового океана, также отмечен в восточной части Тихого океана (Cooke et al., 2014), а в России встречается исключительно в Японском море (*Melanochlamys ezoensis* (Baba, 1957), согласно Chichvarkhin, 2016). *Melanochlamys diomedea* (Bergh, 1894), темнокрашенный и приметный представитель рода, со времен своего первоописания был известен только с Тихоокеанского побережья США (Сан-Франциско, Калифорния). В последние годы появились указания об его обнаружении в водах северной Атлантики — близ Исландии (de Montety et al., 2024) и Норвегии (Malaquias et al., 2025). Считалось, что в северных морях России род *Melanochlamys* не обитает. В 2025 году особи рода *Melanochlamys*, морфологически сходные с *M. diomedea*, были найдены в Баренцевом море.

Целью работы является установление видовой идентичности и филогенетических связей первого в Российской Арктике представителя рода *Melanochlamys*.

Особи *Melanochlamys* sp. были собраны вручную на литорали губы Дальнезеленецкой Баренцева моря в июле 2025 г. Получены прижизненные фотографии моллюсков. Животные зафиксированы в 96 % спирте: всего собраны 31 взрослая особь и 3 кладки. Для 27 образцов (взрослые моллюски) получены последовательности фрагментов митохондриального гена COI. Филогенетическая реконструкция, построенная по фрагментам гена COI, также включает последовательности для 7 видов *Melanochlamys* из базы данных GenBank.

Видовая принадлежность баренцевоморских моллюсков подтверждена филогенетической реконструкцией — животные попадают в одну кладу с идентифицированными тихоокеанскими и североатлантическими *Melanochlamys diomedea*. Для оценки генетического разнообразия популяций вида по последовательностям фрагментов маркера COI была построена сеть гаплотипов. Гаплогруппы для отдельных акваторий не могут быть выделены — особи внутри акватории отличаются друг от друга настолько же, как и особи разных акваторий, причем эти различия незначительны, порядка 1 %. *Melanochlamys diomedea* из вод США, Исландии, Норвегии и России достоверно представляет единый, широко распространенный вид.

Наблюдения *M. diomedea* за пределами типового местообитания, вод США, не случайны — обнаружение кладок (представленная работа; de Montety et al., 2024) и особей разных размерных категорий (Malaquias et al., 2025) наряду со взрослыми моллюсками подтверждает, что вид в новых акваториях прижился. Предполагается, что расселение моллюсков могло происходить посредством балластных вод торговых судов (Malaquias et al., 2025), однако данный вопрос требует дальнейшего изучения.

American citizens in Russia: *Melanochlamys diomedea* (Gastropoda: Aglajidae), native to the Pacific Ocean, is discovered in the Barents Sea

Tabachnikova K.^{1*}, Grishina D.¹, Khabibulina V.^{2,3}, Starunov V.⁴, Ekimova I.¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

² Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

³ Zoological Institute RAS, the CFC “Taxon”, Saint Petersburg

⁴ Zoological Institute RAS, Laboratory of Evolutionary Morphology, Saint Petersburg

* e-mail: ktabachnikova@yandex.ru

The first Arctic representative of *Melanochlamys* was discovered in the Barents Sea, Russia, and was identified as *Melanochlamys diomedea*. *M. diomedea* is genetically similar in Russian, USA (indigenous range), Icelandic and Norwegian waters and can reproduce in every part of its habitat, which is wider than it was expected.

Челюсти *Harmothoe imbricata* (Polynoidae, Annelida): тонкая морфология и транскриптомный анализ

Королева А.С.^{1*}, Ворцenneва Е.В.¹, Неретина Т.В.², Цетлин А.Б.^{1,2}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра зоологии беспозвоночных, Москва

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова, Москва

* e-mail: anyakor99@gmail.com

Челюсти являются одними из немногих жестких структур у аннелид и встречаются в разных, неродственных друг другу, семействах кольчатых червей. По своей природе, челюсти аннелид являются производными коллагеновой кутикулы глотки, имеющими вид отдельных зубцов или группы челюстных пластинок более сложной формы. Несмотря на схожее происхождение, считается, что такие челюсти возникали в процессе эволюции аннелид неоднократно. Форма, расположение и состав челюстей довольно сильно различаются у разных семейств. Однако не понятно, так же ли сильно различаются ультраструктура и механизмы формирования челюстей у филогенетически удаленных групп аннелид. К сожалению, данные по этим аспектам крайне фрагментарны. В попытке восполнить один из таких пробелов мы исследовали ультраструктуру и дифференциальную экспрессию генов челюстей у беломорской полихеты *Harmothoe imbricata* (Polynoidae).

Для изучения ультраструктуры челюстей применялась световая, сканирующая (СЭМ) и просвечивающая (ТЭМ) электронная микроскопия. Анализ дифференциальной экспрессии генов был проведен на основе транскриптома, собранного *de novo* из тотальной РНК трех типов тканей: челюстей, параподий и стенки тела.

Тонкое строение челюстей *Harmothoe imbricata* имеет некоторые схожие паттерны, описанные для других групп аннелид (Purschke, 1987; Koroleva & Tzetlin, 2024): в челюстной пластинке можно выделить два электронно-плотных слоя, где внешний слой упорядочен и повторяет организацию коллагеновой решетки, а внутренний — гомогенный. Наличие везикул с электроноплотным материалом в клетках под челюстями (гнатобластах) указывает на продолжение роста челюстей у взрослых червей, что согласуется с литературными данными о линиях роста, видимых на челюстях полиноид (Britaev & Belov, 1994). В результате сравнительного анализа экспрессии генов нами были выявлены специфичные для челюстей группы транскриптов, среди которых присутствовала значительная доля белков с доменами, характерными для компонентов внеклеточного матрикса. Также был найден потенциальный кандидат на один из белков матрикса челюстей, похожий на таковые у *Glycera dibranchiata* (сем. Glyceridae) и *Alitta virens* (сем. Nereididae) (Gupta et al., 2018; Wonderly et al., 2022). Однако такая находка требует дальнейшего экспериментального подтверждения.

Таким образом, нами была изучена ультраструктура челюстей полиноид, а также получены первые для этого семейства данные по дифференциальной экспрессии «челюстных» генов. Настоящая работа дополняет данные, важные для понимания эволюции челюстей у аннелид.

Jaws of *Harmothoe imbricata*: fine morphology and transcriptomic analysis

Koroleva A.^{1*}, Vortsepneva E.¹, Neretina T.¹, Tzetlin A.^{1,2}

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Invertebrate Zoology, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, White Sea Biological Station, Moscow

* e-mail: anyakor99@gmail.com

We investigated the jaws of the scale worm *Harmothoe imbricata* (Polynoidae) from the White Sea. The fine structure of the jaw plate demonstrates two layers with different organization. Additionally, we performed comparative transcriptomic analysis, revealing jaw-specific gene expression patterns, and identified some transcripts that could potentially encode extracellular matrix proteins.

Мандибулярно-радулярный аппарат *Rossia palpebroso* (Cephalopoda, Sepiolida) в Баренцевом море

Носачева Э.Э.^{1*}, Ямицков И.В.¹, Сабиров Р.М.^{1†}, Захаров Д.В.²

¹ Казанский федеральный университет, кафедра зоологии и общей биологии, Казань

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

† Автор ушел из жизни до публикации данной работы

* e-mail: pochtaemili@gmail.com

Арктическая россия *Rossia palpebroso* Owen, 1835 — массовый вид головоногих моллюсков Российской Арктики, играющий существенную роль в трофических сетях Баренцева моря. Исследования, посвященные анализу желудочного содержимого, показали, что *R. palpebroso* является активным избирательным хищником. Основу рациона составляют ракообразные (встречаемость 52,1 %), полихеты (14,6 %) и рыбы (6,3 %). В составе пищи зафиксированы представители Sipuncula, Echinoidea и отряда Euphausiacea (Malacostraca) (Голиков, 2019). Изучение ее челюстного аппарата (мандибулы и радулы), непосредственно участвующего в захвате и обработке пищи, представляет значительный интерес для понимания адаптаций к хищничеству в условиях высоких широт. Целью данной работы стало изучение функциональной морфологии и онтогенетической изменчивости мандибул и радулы *R. palpebroso*.

Материал был собран в акватории Баренцева моря, в районе архипелага Земля Франца-Иосифа и в ходе научно-исследовательских экспедиций Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, в периоды с 2007 по 2009 и с 2015 по 2019 годы. Для морфологического анализа использованы мандибулы 131 экземпляра (длина мантии от 5 до 38 мм) и радулы 14 экземпляров (длина мантии от 13 до 42 мм). Были применены методы препарирования, мацерации мягких тканей 5 % раствором гипохлорита натрия и изготовления постоянных препаратов в глицерин-желатине.

В результате исследования на верхних мандибулах выделено два морфотипа, различающихся по наличию или отсутствию дополнительного выступа на режущем крае рострума. Первый тип когтевидно изогнут вниз, режущий край имеет дополнительный выступ, второй имеет слабоизогнутую форму, режущий край ровный, гладкий, без дополнительного выступа. Распространение этих типов носит симпатрический характер и, вероятно, отражает индивидуальную изменчивость. Радула имеет типичную для головоногих формулу 1R, 2L, 1M. Установлено, что новый ряд зубцов формируется полностью одновременно, обеспечивая целостность аппарата, в то время как отработанные зубцы отторгаются постепенно. В онтогенезе относительные размеры зубцов демонстрируют отрицательную аллометрию, наиболее выраженную у маргинальных. Для маргинальных зубцов в половозрелой стадии отмечен переход к изометрии.

Mandibular-radular apparatus of *Rossia palpebroso* (Cephalopoda, Sepiolida) in the Barents Sea

Nosacheva E. E.^{1*}, Yamshchikov I. I.¹, Sabirov R. M.^{1†}, Zakharov D. V.²

¹ Kazan Federal University, Department of Zoology and General Biology, Kazan

² Zoological Institute RAS, Saint Petersburg

† The author passed away before this work was published

* e-mail: pochtaemili@gmail.com

We studied the jaw apparatus of *Rossia palpebroso* from the Barents Sea. Two sympatric mandible morphotypes were revealed, differing in rostrum shape. The radula (formula 1R, 2L, 1M) showed negative allometry in tooth size during ontogeny, most pronounced in marginals. Marginal teeth exhibited isometry in adults.