

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**Группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки
Шифр научной специальности: 1.5.12. Зоология**

ПОРТФОЛИО АСПИРАНТА

Петрова Сергея Александровича



Санкт-Петербург 2023

1. Общие сведения

Дата рождения: 14.12.1986

E-mail: Sergey.Petrov@zin.ru, spspbgu@gmail.com

Телефон: +79117287391

Образование: Магистр СПбГУ, 2010.

Лаборатория: лаборатория эволюционной морфологии.

Тема диссертационной работы: Структурная организация нервной системы немертин (Nemertea).

Научный руководитель: доктор биологических наук, заведующая лабораторией Ольга Викторовна Зайцева.

Год поступления в аспирантуру: 2023.

Форма обучения: очная.

2. Публикации

Статьи:

1. Zaitseva O. V., Petrov, S. A. Biogenic Amines in the Nervous System of Nemerteans. // Doklady Biological Sciences, General Biology. 2013. Vol. 451. p. 228-230.
2. Petrov A. A., Dmitrieva E. V., Popyuk M.P., Gerashev P.I. and Petrov S.A. Musculoskeletal and nervous systems of the attachment organ in three species of Diplectanum (Monogenea: Dactylogyroidea) //Folia parasitologica. – 2017. – V. 64.
3. Zaitseva O. V., Shumeev A. N., Petrov S. A. Common and Distinctive Features in the Organization of Catecholamine-Containing Systems in Gastropods and Nemerteans: Evolutionary Aspects // Biology Bulletin. 2019. Vol. 46, № 1. P. 3-13.
4. Zaitseva O.V., Petrov S.A., Petrov A.A. Sensory systems of *Lineus ruber* (Nemertea, Pilidiophora) // Zoomorphology. 2020. V. 139. P. 447–459.
5. Kopy V. G., Zaitseva O. V., Petrov S. A. Biological characteristics of the Polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) from mass settlements in the coastal water area of the Kerch Strait (Black Sea) //Russian Journal of Biological Invasions. – 2022. – T. 13. – №. 2. – С. 219-231.

Тезисы, материалы конференций, книги:

1. Петров С., Власов П., Басс М., Шилин М. Мониторинг орнитофауны охраняемых природных территорий на примере урочища Урья-Канжа. // В сб.: Материалы итоговой сессии учёного совета РГГМУ. Часть 2. Санкт-Петербург, 2004, с. 53-55.
2. Зайцева О.В., Петров С.А. Исследование структурной организации периферической и центральной нервной системы беломорской немертины *Lineus ruber*. IX научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов, СПб, 2008. стр.73-75.

3. Зайцева О.В., Петров С.А., Маркосова Т.Г. Исследование организации нервной системы беломорской немертины *Malacobdella grossa*. X научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов, СПб, 2009, стр.63-65.
4. Петров С.А. Нейрогистологическое исследование представителей разных таксонов немертин. Тринадцатая Санкт-Петербургская ассамблея молодых учёных и специалистов. Аннотации работ победителей конкурса грантов Санкт-Петербурга 2008 года для студентов, аспирантов, молодых учёных и молодых кандидатов наук, СПб, 2008, с. 43.
5. S.A. Petrov, O. V. Zaitseva. The structure of the nervous system in two nemertean species. Abstracts IX East European Conference of the International Society for Invertebrate Neurobiology «Simpler nervous system» (St.Petersburg, Russia) СПб, 2009, p. 80.
6. Зайцева О.В., Петров С.А., Маркосова Т.Г. Модульная организация простых сенсорных систем на примере немертин. Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике. Ростов-на-Дону, 2009, стр. 12-15.
7. Зайцева О.В., Петров А.А., Маркосова Т.Г., Петров С.А. Сравнительное исследование нейромышечной организации у беломорских видов немертин. В сб.: Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Материалы XI Всероссийской конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2010. Изд-во ЗИН РАН: с. 53-54.
8. Петров С.А., Зайцева О.В. Структурная организация нервной системы немертин *Poseidon ruber* и *Malacobdella grossa* // В сб.: Зайцева О.В., Петров А.А. (ред.). Современные проблемы эволюционной морфологии животных. (Материалы школы для молодых специалистов и студентов к 105-летию со дня рождения академика А. В. Иванова) СПб: ЗИН РАН, 2011, с.17-20.
9. Зайцева О.В., Шумеев А.Н., Петров С.А. Катехоламинергическая нервная система немертин и наземных легочных моллюсков // Отчетная научная сессия по итогам работ 2011 г. СПб.: ЗИН РАН. 2012, с. 17-19.
10. Zaitseva O.V., Petrov A.A., Marcosova T.G., Petrov S.A. Histochemical and immunocytochemical study of the nervous system and neuromuscular interactions in nemerteans. // Abstracts. X East European Conference of the International Society for Invertebrate Neurobiology. Moscow, 2012. s. 56.
11. Зайцева О.В., Шумеев А.Н., Петров С.А. Фило- и онтогенетическое развитие катехоламинергических нейроэндокринных систем у представителей немертин и брюхоногих моллюсков // Материалы IX Всероссийской конференции «Нейроэндокринология – 2015», СПб, 2015, с. 67-69.

12. O.V. Zaitseva, E.E. Voronezhskaya, V.V. Starunov, K.V. Shunkina, S.A. Petrov, A.N. Shumeev, V.N. Barbolin "Model objects diversity for neuroscience, developmental biology and biotechnology": announcement of new open access online database for invertebrate neuromorphology. // 13th symposium on invertebrate neurobiology. — Tihany, Hungary — 2015. — P. 75.
13. Петров А.А., Зайцева О.В., Петров С.А., Попюк М.П., Дмитриева Е.В. RFамид- и катехоламинэргическая нервная система моногенеи *Solostamenides mugilis* (Monogenea) // Современные проблемы теоретической и морской паразитологии: сборник научных статей / ред.: К.В. Галактионов, А.В. Гаевская. — Севастополь: Изд-ль Бондаренко Н.Ю., 2016. С. 190-193.
14. Зайцева О.В., Воронежская Е.Е., Старунов В.В., Шунькина К.В., Петров А.А., Шумеев А.Н., Петров С.А. «Атлас по морфологии нервной системы животных»: виртуальная коллекция препаратов по нейроморфологии // «Современные проблемы эволюционной морфологии животных» Материалы III Всероссийской конференции с международным участием к 110-летию со дня рождения академика А.В. Иванова., 2016. — С. 44-45.
15. Petrov S.A. Isachenko A.I., Glebova M.A., Gavrilo Y.G, Fedotov S.A., Ponomartsev N.V., Semenov A.G., Kuchin S.O., Shishman C.M., Pavlov V.A. The results of marine mammal counts during the four expeditions in the Arctic in 2014 and 2015 // Collection of scientific papers 9th International Conference «Marine mammals of the Holarctic», Astrakhan, Russia, 2016, pp. 91-102.
16. Зайцева О.В., Воронежская Е.Е., Шумеев А.Н., Петров А.А., Старунов В.В., Дианов М.Б., Обухов Д.К., Райкова О.И., Петров С.А., Шунькина К.В. Создание общедоступной электронной базы данных по эволюционной нейроморфологии: коллекционное наследие // Материалы Юбилейной отчетной научной сессии, посвященной 185-летию Зоологического института РАН . Сборник статей / Зоологический институт РАН. СПб., 2017. С. 98-101.
17. О.В. Зайцева, А.Н. Шумеев, С.А. Петров. Пути формирования и особенности организации катехоламинергических систем в индивидуальном и историческом развитии немертин и гастропод // Тезисы конференции «Морфогенез в индивидуальном и историческом развитии: онтогенез и формирование биологического разнообразия. Москва, 2017, с. 17-18.
18. Артюшков Ф. О., Петров С. А., Удовик Д. А. Шумные соседи. Влияние негативного антропогенного воздействия в Арктике на морских млекопитающих и птиц и меры его минимизации . // 2-я Студенческая научная сессия УНБ «Беломорская» СПбГУ: СПб, 2018. Сборник тезисов конференции, с. 20-21.

19. Зайцева О.В., Петров С.А., Петров А.А. Организация нервной системы немертин. Материалы Всероссийской конференции «Зоология беспозвоночных – новый век». Москва, 2018, с. 49.
20. О.В. Зайцева, Е.Е. Воронежская, А.А. Петров, В.В. Старунов, А.Н. Шумеев, М.Б. Дианов, Д.К. Обухов, С.А. Петров. Коллекции гистологических препаратов животных как основа для создания общедоступных образовательных тематических электронных баз данных. // Биологические коллекции сегодня и завтра. Материалы Российской конференции с международным участием «Передовые практики и перспективы использования зоологических коллекций» - Зоологические исследования, 2018. № 20, с. 180 - 181.
21. Храбрый В. М., Весёлкин А. Г., Петров С. А. Новые данные о гнёздах белого аиста *Ciconia ciconia* в Ленинградской области //Русский орнитологический журнал. – 2019. – Т. 28. – №. 1721. С. 275-283.
22. Храбрый В. М., Петров С. А. Материалы к орнитофауне Токсовских высот и их окрестностей (Ленинградская область). //Русский орнитологический журнал. – 2019. – Т. 28. – №. 1727. С. 509-524.
23. Храбрый В.М., Осипова Н.В., Петров С.А. Птицы Токсовских озёр. Полевой определитель. // Издательство Вадима Назарова. Санкт-Петербург. 2019. 80 с.
24. O.V. Zaitseva, S.A. Petrov, A.N. Shumeev, Z.I. Starunova. Distribution and possible function of catecholamines in Lophotrochozoa // 1st Symposium on Invertebrate Neuroscience (conference materials), 2019, Tihany, Hungary. P. 79.
25. Зайцева О. В., Шумеев А. Н., Петров С. А., Копий В. Г. Эволюционные и онтегентические закономерности развития катехоламинергических систем // Материалы научной конференции «Актуальные проблемы морфологии: эмбриональный и репаративный гистогенез,филогистогенез», посвященная 105-летию со дня рождения чл-корр. АМН СССР проф. А.Г. Кнорре. Санкт-Петербург. Морфология. 2019. Т. 156. № 6. С. 95 – 96.
26. Храбрый В.М., Петров С.А. 2018а. Квадрат 36VXN1 Ленинградская и Вологодская области, Карелия // Ежегодник Программы «Птицы Москвы и Подмосковья» 11: 129-135.
27. Храбрый В.М., Петров С.А. 2018б. Квадрат 36VXN2 Ленинградская и Вологодская области // Ежегодник Программы «Птицы Москвы и Подмосковья» 11: 136-141.
28. Храбрый В. М., Лудикова А. В., Петров С. А. Раннее размножение кряквы *Anas platyrhynchos* в Санкт-Петербурге //Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29. – №. 1924. – С. 2239-2242.

29. Храбрый В. М., Бубырева В. А., Петров С. А. Заметки к орнитофауне северо-востока Ленинградской области //Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29. – №. 1996. С. 5253 – 5259.
30. Петров С. А. Опыт проведения орнитологических экскурсий в Санкт-Петербурге. // Мензбировские чтения Материалы Международной орнитологической онлайн-конференции, посвященной 165-летию со дня рождения академика М. А. Мензбира. Сборник статей. 2020. – С. 135-136.
31. Храбрый В.М., Петров С.А. Мир птиц Ленинградской области. Справочное издание. Санкт-Петербург: Издательство «Лема». 2021.160 с.
32. Копий В.Г., Зайцева О.В., Петров С.А. Некоторые аспекты биологии полихеты *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) из массовых поселений в акватории крымского побережья (Чёрное море) // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. Тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», Севастополь, 2021, с. 381.
33. О. В. Зайцева, С. А. Петров, В. Г. Копий. Организация и эволюционный гистогенез катехоламинергических регуляторных систем на примере представителей полихет // II Международная научно-практическая конференция “Изучение водных и наземных экосистем: история и современность”. Тезисы докладов. Севастополь, 2022, с. 180-181.
34. Зайцева О.В., Петров А.А., Подвизная И.М., Петров С.А. Новые данные о структуре нервной системы церкарии *Cryptocotyle lingua* (Creplin, 1825) (Digenea: Heterophyidae). Школа по теоретической и морской паразитологии. VIII Всероссийская конференция с международным участием. Тезисы докладов. Севастополь, 2022, с. 32.
35. О. В. Зайцева, С. А. Петров, В. Г. Копий. Организация и эволюционный гистогенез катехоламинергических регуляторных систем на примере представителей полихет. Материалы Всероссийская конференция с международным участием “Актуальные проблемы современной гистологии”, посвященная 90-летию кафедры гистологии и эмбриологии им. Проф. А.Г. Кнорре. Санкт-Петербург, Россия, 17.06.2022. // Цитология. 2022. Т. 64. № 3, С. 279-280.
36. Бубличенко Ю.Н., Петров С.А., Бубличенко А.Г. Результаты орнитологического мониторинга восточной части Финского залива по данным 2018–2020 гг. //Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.). Тезисы докладов. — М.: Товарищество научных изданий КМК. 2023, с. 23-24.

37. Петров С.А. Современное состояние бёрдвотчинга в Санкт-Петербурге //Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.). Тезисы докладов. — М.: Товарищество научных изданий КМК. 2023, с. 204-205.
38. Храбрый В.М., Петров С.А., Васильева Г.В., Новицкая К.С. Предварительные результаты изучения успеха насиживания белого аиста в Ленинградской области. //Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.). Тезисы докладов. — М.: Товарищество научных изданий КМК. 2023, с. 273.
39. Петров С.А., Зайцева О.В. Структурная организация катехоламинергической нервной системы беломорских и черноморских немертин. //VIII Дружининские чтения. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Хабаровск, 4–6 октября 2023 г., Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 2023, с. 91-94.

3. Участие в конференциях

1. IX научная сессия МБС СПбГУ, СПб, 2008, стендовый.
2. X научная сессия МБС СПбГУ, СПб, 2009, стендовый.
3. XV Международная конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009, стендовый.
4. Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. XI Всероссийская конференция с международным участием. Санкт-Петербург, 2010, стендовый.
5. Современные проблемы эволюционной морфологии животных. Школа для молодых специалистов и студентов к 105-летию со дня рождения академика А. В. Иванова. 20-22 октября 2011 г., СПб, ЗИН РАН, 2011, устный.
6. Отчетная научная сессия по итогам работ 2011 г. 3-5 апреля 2012 г. СПб, ЗИН РАН, устный.
7. X East European Conference of the International Society for Invertebrate Neurobiology. Moscow, September 6 – 10, 2012, стендовый.
8. IX Всероссийская конференция «Нейроэндокринология – 2015», Санкт-Петербург, 27-29 октября 2015, устный.
9. 13th symposium on invertebrate neurobiology. Tihany, Hungary, 2015, стендовый.
10. Современные проблемы теоретической и морской паразитологии. Севастополь, 2016, стендовый.

11. III Всероссийская конференция с международным участием к 110-летию со дня рождения академика А.В. Иванова., 2016, стендовый.
12. IX Международная конференция «Морские млекопитающие Голарктики». Астрахань, 31 октября – 05 ноября 2016, устный.
13. Юбилейная отчетная научная сессия, посвященная 185-летию Зоологического института РАН. Санкт-Петербург, Россия, 13–16 ноября 2017, устный.
14. «Морфогенез в индивидуальном и историческом развитии: онтогенез и формирование биологического разнообразия. Москва, 22-24 ноября 2017, устный.
15. 2-я Студенческая научная сессия УНБ «Беломорская» СПбГУ. СПб, 2018, пленарный.
16. «Зоология беспозвоночных – новый век». Москва, 19-21 декабря 2018, устный.
17. Биологические коллекции сегодня и завтра. Российская конференция с международным участием «Передовые практики и перспективы использования зоологических коллекций». 2018, Москва, устный.
18. 1st Symposium on Invertebrate Neuroscience. 13-17 August, 2019, Tihany, Hungary, oral.
19. «Актуальные проблемы морфологии: эмбриональный и репаративный гистогенез, филогистогенез»/ Конференция, посвященная 105-летию со дня рождения чл-корр. АМН СССР проф. А.Г. Кнорре. 19 декабря 2019, Санкт-Петербург, устный.
20. Орнитологические исследования в странах Северной Евразии. XV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии.
21. Мензбировские чтения. Международная орнитологическая онлайн-конференция, посвященная 165-летию со дня рождения академика М. А. Мензбира. 26–27 ноября 2020, устный.
22. Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. Международная научная конференция, посвященная 150-летию Севастопольской биологической станции Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий». 13-18 сентября 2021, Севастополь, устный.
23. II Международная научно-практическая конференция “Изучение водных и наземных экосистем: история и современность”, Севастополь, Россия, 05-09 сентября 2022, устный.
24. Школа по теоретической и морской паразитологии. VIII Всероссийская конференция с международным участием, Севастополь, 12–16 сентября 2022 г, устный.

25. Всероссийская конференция с международным участием “Актуальные проблемы современной гистологии”, посвященная 90-летию кафедры гистологии и эмбриологии им. Проф. А.Г. Кнорре. Санкт-Петербург, Россия, 17.06.2022, устный.
26. Второй Всероссийский орнитологический конгресс. Санкт-Петербург, 30 января – 4 февраля 2023, устный, стендовый.
27. VIII Дружининские чтения. Всероссийская научная конференция с международным участием. Хабаровск, 4–6 октября 2023, стендовый.

4. Участие в грантах

1. Грант Санкт-Петербурга 2008 года для студентов, аспирантов, молодых учёных и молодых кандидатов наук «Нейрогистологическое исследование представителей разных таксонов немертин». Руководитель.
2. Грант РФФИ 12-04-31702 мол_а «Роль неметамерных структур в организации сегментированного тела. Морфофункциональная организация пигидиального отдела тела у нескольких семейств полихет». Исполнитель.
3. Грант РФФИ 14-04-90411 Укр_а «Конфокальная микроскопия мышечной и нервной системы прикрепительного диска моногеней (*Monogenea*; *Plathelminthes*), как новый подход к познанию их функциональной морфологии, систематики и филогении. Исполнитель.
4. Грант РФФИ офи_м «Создание общедоступной базы данных коллекций микроскопических препаратов: «Разнообразие модельных объектов для наук о мозге, биологии развития и биотехнологий»». Исполнитель.
5. Грант РФФИ 16-04-20568 «Проект организации III Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы эволюционной морфологии животных» и Школы для молодых специалистов и студентов «Современные проблемы эволюционной морфологии животных» к 110-летию со дня рождения академика А.В. Иванова». Исполнитель, член жюри.
6. Грант РФФИ 18-35-10007 мол_г «Проект организации III Всероссийской научной конференции молодых учёных «Комплексные исследования Мирового океана»- КИМО-2018». Исполнитель.
7. Грант РФФИ 22-74-10043 Применение методов идентификации ДНК в водной среде (eDNA) для мониторинга видового разнообразия и численности водоплавающих птиц. Исполнитель.

5. Научно-педагогическая деятельность

Научное руководство бакалаврами, магистрами, специалистами: нет.

Чтение лекций, проведение семинарских и практических занятий:
преподаватель курса «Полевая орнитология» в ЭБЦ «Крестовский
остров» СПбГДТЮ, эпизодическое чтение научно-популярных лекций в
музеях, библиотеках и т.д.

**6. Дополнительная информация (дипломы, грамоты, именные стипендии,
премии, стажировки, молодежные школы и т.п.)**

Победитель конкурса грантов Санкт-Петербурга 2008 года для студентов,
аспирантов, молодых учёных и молодых кандидатов наук.

**7. Сведения об освоении основной образовательной программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре (результаты сданных
экзаменов, зачетов, кандидатских экзаменов, сведения о педагогической
практике). Указать название дисциплины, время (месяц и год) сдачи,
полученную оценку.**

Сведения о сдаче кандидатских экзаменов

№ п/п	Дисциплина	Дата сдачи	Оценка	Место сдачи
1	История и философия науки			ЗИН РАН
2	Иностранный язык (английский)			ЗИН РАН
3	Зоология			ЗИН РАН

Приложения.

Biological Characteristics of the Polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) from Mass Settlements in the Coastal Water Area of the Kerch Strait (Black Sea)

V. G. Kopyi^{a, *}, O. V. Zaitseva^{b, **}, and S. A. Petrov^{b, ***}

^a Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, 299011 Russia

^b Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 199034 Russia

*e-mail: verakopyi@gmail.com

**e-mail: ovzaitseva@inbox.ru

***e-mail: spsbgu@gmail.com

Received March 2, 2021; revised November 17, 2021; accepted January 31, 2022

Abstract—In September 2019, the polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923), formerly known as *Mercierella enigmatica* Fauvel, 1923, was found in mass colonial settlements in the coastal water area of the Kerch Strait near the Arshintsevskaia Spit. Brackish water bodies in India are considered by some researchers to be the initial natural range of this polychaete species. This species is currently known to be widely distributed along the coasts of the Atlantic, Pacific, and Indian oceans and along the coasts of the North, Mediterranean, and Caspian seas. Only a few isolated individuals of *F. enigmaticus* have been found so far along the Crimean coast of the Black Sea, in the coastal zone of Sevastopol, and along the Karadag shores. The colonies described in this study do not constitute reef structures yet, but have already reached high population numbers. The colony has a diameter of 46 cm and comprises 1774 individuals. The settlements of *F. enigmaticus* are true populations represented by individuals of different sizes, ranging in length from 2 to 39 mm. The populations include both males and females: males account for 56% and females account for 44% of the population. The fecundity of the worms expressed as the number of mature eggs per female depends on the body size and varies between 5800 eggs for the body size of 12 mm and 24820 eggs for the body size of 29 mm. The present study describes the morphology of *F. enigmaticus* using scanning electron microscopy and identifies numerous sensory structures on the surface of the body, gills, and the pygidium for the first time. Judging from the presence of a mass settlement of the polychaete *F. enigmaticus* in the coastal water areas of the Kerch Strait, it can be presumed that this species has become completely naturalized in the Black Sea. Since this species is eurybiontic, it can be assumed that it will invade the Sea of Azov and adjacent estuaries, river deltas, and coastal lakes successfully, which will have an inevitable effect on the life of the local species and the ecosystems in general.

Keywords: *Ficopomatus enigmaticus*, morphology, alien species, Black Sea, Kerch Strait

DOI: 10.1134/S2075111722020084

INTRODUCTION

Study of biological invasions, their causes, pathways, and effects is a critical line of research in modern biology. Biological invasions are known to lead commonly to a reduction of species diversity in communities and alteration of the structure of trophic webs. They can manifest themselves right away or after many years with the effect of the impact of introduced species on indigenous community being very difficult to distinguish from the effect of various anthropogenic factors (Yurkov and Malikov, 2013).

The polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) known earlier as *Mercierella enigmatica* Fauvel, 1923 is the Black Sea immigrant and cosmopolitan reef-forming polychaete of the family Serpulidae Raf-

inesque, 1815, which leads a sessile life style and has spread over different regions of the World Ocean. In the opinion of a number of researchers, this polychaete species has originated from India (Fauvel, 1933; Pollard and Hutchings, 1990; Fornos et al., 1997; Hewitt et al., 2004). The dispersal pathways of this species from the Mediterranean to the Black Sea and further to the Caspian Sea are described by Bogoroditskii (1963).

In the Black Sea, *F. enigmaticus* was first found in 1929 in the freshwater Lake Paleostom near Poti and then in the Gelendzhik Bay (Annenkova, 1929, 1930, 1937). It was later detected at the Bulgarian coast in Lake Varna, containing a combination of the fresh and sea water, which enters via a man-made canal from



Sensory systems of *Lineus ruber* (Nemertea, Pilidiophora)

O. V. Zaitseva¹ · S. A. Petrov¹ · A. A. Petrov¹

Received: 2 May 2020 / Revised: 26 September 2020 / Accepted: 30 September 2020 / Published online: 20 October 2020
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

The aim of this study was to examine the organization of sensory systems in the heteronemertean *Lineus ruber* (Müller, 1774). Sensory systems of the head region (cerebral and frontal organs), body wall, proboscis and digestive tract of *L. ruber* were studied using Golgi–Colonnier silver impregnation, glyoxylic acid-induced fluorescence method for catecholamines (CAs) and immunochemical staining for serotonin (5-HT) and FMRFamide-related peptides (FaRPs). The study revealed a large number of intra- and subepithelial sensory cells in all of these structures and body regions. Only some of the sensory cells identified by silver impregnation were positive for CAs, 5-HT or FaRPs; the remaining cells appear to have different neurotransmitter modality. CA-containing (CA-C) intra- and subepithelial sensory cells were the most common cell types and were present in the epidermis and all the organs studied. All CA-C cells had a stiff cilium, which showed glyoxylic acid-induced fluorescence in the blue–green range indicative of CAs. In addition to CA-C cells, the cerebral organs had FaRP-immunoreactive sensory cells and argyrophilic cells containing an unidentified neurotransmitter and the frontal organs contained the neurites of 5-HT-immunoreactive, most likely efferent neurons. The presence of presumably mechanoreceptive CA-C cells in the frontal and cerebral organs indicates that these organs may perform not only a chemosensory, but also mechanosensory function.

Keywords Nemerteans · Sensory cells · Sense organs · Nervous system · Silver impregnation · Immunochemistry

Introduction

Nemerteans are a relatively small and little-known group of predatory unsegmented worms distinguished by a unique eversible proboscis used primarily for capturing prey. Molecular phylogenetic studies place nemerteans within Lophotrochozoa, but their phylogenetic affinities to other lophotrochozoan groups remain equivocal (Struck and Fisse 2008; Podsiadlowski et al. 2009; Kocot et al. 2017; Luo et al. 2018; Laumer et al. 2019; Marlétaz et al. 2019). The nervous and sensory systems show different levels of internalization and complexity in different nemertean groups and figure prominently in nemertean taxonomy (Gibson 1972; Chernyshev 2011; Beckers and von Döhren 2015). Many structural and functional aspects of these systems, however, are still poorly known, as the bulk of the literature on nemerteans are

histological and electron-microscopical studies that provide information only on the general architecture of the nervous system and sense organs (see reviews in Bullock and Horridge 1965; Beckers and von Döhren 2015).

The nemerteans possess a variety of sense organs located mostly in the head region. In many species, there are two to many pairs of pigmented ocelli, some nemerteans have lateral organs of unknown function and species of the interstitial genus *Ototyphlonemertes* Diesing, 1863 possess statocysts (Gibson 1972; Chernyshev 2011; Beckers and von Döhren 2015). Two of the major sense organs commonly present in nemerteans are frontal and cerebral organs. Nemerteans are able to track and catch prey efficiently by following olfactory cues or sensing disturbances in the water (Reisinger 1926; Amerongen and Chia 1982; Chernyshev 2000; Kruse and Buhs 2000; Wang and Sun 2006) and both frontal and cerebral organs appear to be involved in this process, although their exact mode of functioning is still not fully understood.

Frontal organs have been described as small epithelial pits in the anterior part of the head region above the rhynchostome, the number of which can vary from one to three

✉ A. A. Petrov
anatoly.petrov@zin.ru

¹ Laboratory of Evolutionary Morphology,
Zoological Institute RAS, Universitetskaya emb. 1,
199034 Saint Petersburg, Russia

CONFERENCE MATERIALS

Common and Distinctive Features in the Organization of Catecholamine-Containing Systems in Gastropods and Nemerteans: Evolutionary Aspects

O. V. Zaitseva^a, A. N. Shumeev^a, and S. A. Petrov^a

^aZoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 199034 Russia

*e-mail: ovzaitseva@inbox.ru

Received May 14, 2018; Revised July 31, 2018; Accepted July 31, 2018

Abstract—This study provides new data on the distribution of catecholamine-containing regulatory cells and their innervation of different body parts and organs in gastropods and nemerteans. General and specific principles of the morphogenesis of catecholaminergic neuroendocrine systems are discussed. The data support the universality of some principles of their structure and functioning. The results suggest that catecholaminergic systems may participate in mechanosensory functions, locomotion and other motor actions; in the regulation of the alimentary system; in functioning of the endocrine glands associated with sexual functions; in the fulfilment of central integrative functions; and in the implementation of different types of defensive behavior.

DOI: 10.1134/S1062359019010126

INTRODUCTION

The neurons producing biogenic amines (catecholamines (CAs) and serotonin) are important components of the peripheral and central nervous systems of all the invertebrates and vertebrates studied to date. Monoaminergic neurons are one of the first to appear in the evolution and ontogeny of animals and play an important role in their morphogenesis (Sakharov, 1974; Hay-Schmidt, 1990; Joffe and Kotikova, 1991; Croll et al., 1997; Voronezhskaya et al., 1999; Dickinson et al., 2000; Welsh and Williams, 2004; Croll, 2006; Baratte and Bonnaud, 2009). The most common catecholamine in invertebrates is dopamine. It has been shown that, in vertebrates, the dopaminergic and serotonergic systems regulate neuroendocrine, reproductive, digestive, and behavioral functions (Ovsyannikov, 2005; Pushchina, 2009). There is evidence that these systems play a similar role in representatives of invertebrates (Solon and Koopowitz, 1981; Schlawny et al., 1991; Smith et al., 1998; Croll et al., 1999; Faccioni-Heuser et al., 2004; Wyeth and Croll, 2011). The paracrine action of these substances, which is important for the regulation of behavior in animals of different levels of organization, was noted (Ovsyannikov, 2005; Dyakonova, 2012). Interestingly, CAs and serotonin (5-HT) appear to act as antagonists in the formation of the main forms of behavior in animals (defensive behavior and feeding, which is associated with search reactions). High concentrations of 5-HT lead to dominance of feeding behavior over defensive behavior in representatives of animals of var-

ious organizational levels (Dyakonova, 2012). To understand further the functional role and development of monoaminergic systems in the phylo- and ontogeny of animals, data on invertebrates, which in this respect remain insufficiently studied, are necessary. This concerns most of all the catecholaminergic (CAc) systems, the identification of which is associated with a number of methodical difficulties.

The aim of the present study is to analyze and generalize our own experimental data on the special features and general patterns of the formation and development of CAc regulatory systems in the phylogeny of some representatives of gastropods and nemerteans with different organizational levels, habitats, life modes, and systematic positions. Particular attention is paid to CAc cells of the peripheral nervous system, where the sensory and effector elements of the nervous system are concentrated. A study on localization and special features of the distribution of processes that contain CA cells in various parts of the body and organs with a known function can contribute to the understanding of the role of CAs in the life activity of the animals studied.

MATERIALS AND METHODS

As the study objects, we chose adult and, in certain cases, juvenile specimens of gastropods from the subclass of marine Opisthobranchia from the order Doridida: *Cadlina laevis* (L., 1758), family Chromodorididae and from the order Nudibranchia, *Nudibranchus*

Research Article

OPEN ACCESS

Musculoskeletal and nervous systems of the attachment organ in three species of *Diplectanum* (Monogenea: Dactylogyroidea)

Anatoly A. Petrov¹, Evgeniya V. Dmitrieva², Maryana P. Popyuk³, Pavel I. Gerasev¹ and Sergey A. Petrov¹

¹ Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;

² A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Sevastopol, Crimea;

³ Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk, Russia

Abstract: The taxonomy of *Diplectanum* Diesing, 1858, a genus of monopisthocotylean monogeneans, remains unsettled and needs to be revised based on new morphological criteria. Recent studies in monopisthocotyleans have shown that the muscle arrangement in the posterior attachment organ (haptor) differs between congeneric species and can be used as an additional criterion in genus-level taxonomy. To explore the possibility of using the haptor musculature and nervous system in the taxonomy of *Diplectanum*, we conducted a detailed confocal-microscopy study of three species of *Diplectanum* (*D. aculeatum* Parona et Perugia, 1889, *D. sciaenae* van Beneden et Hesse, 1863 and *D. similis* Bychowsky, 1957) with phalloidin staining for muscle and indirect immunostaining for 5HT and FMRFamide. A further goal was to clarify the functional mechanics of the haptor and the role of its essential components (squamosdiscs and anchors) in attachment to the host. The system of connecting bars and gaffing anchors was found to have a complex musculature consisting of 23 muscles in *D. aculeatum* and *D. sciaenae*, and 21 muscles in *D. similis*. The squamosdiscs were shown to be operated by several groups of muscles attached primarily to the area termed the squamosdisc fulcrum. Most of the haptor musculature is identical in *D. aculeatum* and *D. sciaenae* and these species differ only in the presence of a muscle sheath around the tissue strand between the squamosdiscs in *D. sciaenae* and in the different patterns of superficial squamosdisc muscles. *Diplectanum similis* shows more significant differences from the other two species: besides lacking two of the haptor muscles, it also differs in the shapes and arrangement of several other muscles. The nervous system of all three species conforms to the general pattern typical for the Dactylogyroidea and shows little variation between species.

Keywords: Monopisthocotylea, musculature, haptor, phalloidin, 5HT, FMRFamide, squamosdisc, anchor

Diplectanum Diesing, 1858 is a genus of monopisthocotylean monogeneans comprising about 70 nominal species (Gibson and Bray 2010), only 14 of which, including the type species *D. aequans* (Wagener, 1857), constitute a strongly supported monophyletic group. The generic placement of the remaining species needs further clarification, which may warrant reassessment of the known morphological characters or identification of new morphological criteria (Domingues and Boeger 2008, Justine and Henry 2010).

The systematics of Diplectanidae relies mostly on characters of the posterior attachment organ (haptor) and distal regions of the reproductive system. Recent studies of the haptor musculature in two monopisthocotylean genera, *Ligophorus* Euzet et Suriano, 1977 and *Dactylogyrus* Diesing, 1850 (see Petrov et al. 2015, 2016), have shown that the arrangement of the haptor muscles differs between congeneric species and can be used as an additional cri-

terion in genus-level taxonomy. The study of the haptor musculature may also reinforce our knowledge of the morphology of haptor sclerites, because a significant number of landmarks on sclerites serve as attachment points for muscles and some of the taxonomically-relevant landmarks can be overlooked or misinterpreted without proper understanding of the associated musculature.

The posterior attachment organ of *Diplectanum* consists of two major components: a pair of attachment discs (squamosdiscs) and a set of anchors and connecting bars comprising the gaffing apparatus of the haptor. The available knowledge of the haptor musculature in *Diplectanum* spp. is currently limited to the information on some major anchoral muscles in *D. aequans*, *D. aculeatum* Parona et Perugia, 1889 and *D. sciaenae* van Beneden et Hesse, 1863 (Paling 1966, Oliver 1987) and the general morphology (Paling 1966) and ultrastructure (Shaw 1981) of squamosdisc muscles in *D. aequans*. The purpose of the present

Address for correspondence: A.A. Petrov, Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Universitetskaya Emb. 1, Saint Petersburg, 199034, Russia. Phone: +7(812)3280612; Fax: +7(812)3282941; E-mail: anatoly.petrov@zin.ru

GENERAL
BIOLOGY

Biogenic Amines in the Nervous System of Nemerteans

O. V. Zaitseva and S. A. Petrov

Presented by Academician A.F. Alimov December 12, 2012

Received December 27, 2012

DOI: 10.1134/S001249661304008X

Biogenic amines as neurotransmitters have attracted interest since the first half of the 20th century. They include serotonin (5-HT) and catecholamines (CAs): adrenaline, noradrenaline, and dopamine. Neurons that synthesize biogenic amines (monoamines) constitute an important part of the peripheral and central nervous systems in all animals studied to date [1–5]. Monoaminergic neurons appear early in evolution and ontogenesis of animals. They have been described for larvae and adult representatives of annelids, mollusks, phoronids, turbellarians, rotifers, ascidians, and echinoderms [1–3]. The most common CA in invertebrates is dopamine. The dopaminergic and serotonergic (5-HTe) systems in vertebrates have been shown to regulate neuroendocrine, reproductive, digestive, and behavioral functions [3, 4]. They might play a similar role in most invertebrates [1–3, 6]. However, for further understanding of the functional role and formation of monoaminergic systems in the course of evolution, there is a need for information on nemerteans, animals that have been poorly studied in this respect. They are classified as an independent phylum of relatively simply organized worm-like predatory invertebrates of the Lophotrochozoa group [7]. The nemertean nervous system is poorly studied. Data on monoaminergic (above all, catecholaminergic (CAe)) systems of these animals are insufficient and do not give an idea of their general organization and functional role, especially in adult nemerteans [6, 8–12].

The present study is the first comparative study of the architectonics of the peripheral and central parts of the CAe regulatory system and its spatial relationships with the 5-HTe system in representatives of different classes and orders of nemerteans. The objects of the study were nemerteans from the White Sea: *Cephalothrix linearis* (order Palaeonemertini) and *Poseidon* (=Lineus) *ruber* (order Heteronemertini) from the class Anopla and *Tetrastemma* cf. *candidum* (order

Hoplonemertini) from the class Enopla. CAe and 5-HTe elements were detected by glyoxylic acid-induced fluorescence (the GIF method) [13]. For the first time, the study was conducted using intact nemerteans, which made it possible to reveal spatial relationships and features of organization of their monoaminergic systems. To analyze samples, we used fluorescent, multiphoton, and laser scanning microscopy. In the study, we used Leica DM4000B and Leica DM 6000 fluorescent microscopes and Leica SP5 (Center for Collective Use "Taxon" of Zoological Institute, Russian Academy of Sciences and Resource research center "Chromas" of St. Petersburg State University) and Leica TCS SPE (Educational Resource Center of Microscopy and Microanalysis, St. Petersburg State University) confocal laser microscopes.

In all three species of nemerteans investigated, the organizations of the CAe (blue–green fluorescence) and 5-HTe (amber yellow fluorescence) systems have been found to be quite similar. Elements of both systems have been observed in the central and peripheral nervous systems of the animals. The brain has been found to have mainly CAe neurons. They are located symmetrically in both paired dorsal and ventral ganglia. Their processes are present in commissures and connectives of the brain, some of them extend to the periphery as parts of nerves of the cephalic lobe, digestive tract, and proboscis apparatus (Fig. 1a). The arrangement of CAe neurons in ganglia of individuals of one species of nemerteans is mostly the same. However, representatives of different species have different arrangements of CAe neurons, which, probably, reflects the characteristics of the organization of the nervous systems of nemerteans of different taxonomic groups. The observed arrangement of the CAe neurons also may be a characteristic feature of the nemertean species studied. For instance, only in *T. cf. candidum* is it possible to isolate a pair of symmetrical "apical" neurons that are quite large for nemerteans (with a diameter of 15–20 μm , depending on the body size of an animal) and always bright. These neurons are located apically in the frontal part of the brain and have an oval shape. Their bodies are arranged perpen-

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences,
Universitetskaya nab. 1, St. Petersburg, 199034 Russia