



УДК 612.8

EDN KALEHA

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-355-366>

История развития физиологии зрения и слуха (к 100-летию Института физиологии им. И. П. Павлова РАН)

М. А. Островский ^{1, 2}

¹ Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, 119334, Россия, Москва, ул. Косыгина, д. 4

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1

Сведения об авторе

Михаил Аркадьевич Островский, SPIN-код: 1725-2857, Scopus AuthorID: 7003458598, ResearcherID: O-7785-2014, ORCID: 0000-0003-4350-2812, e-mail: ostrovsky3535@mail.ru

Для цитирования: Островский, М. А. (2025) История развития физиологии зрения и слуха (к 100-летию Института физиологии им. И. П. Павлова РАН). *Интегративная физиология*, т. 6, № 4, с. 355–366.
<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-355-366> EDN KALEHA

Получена 26 октября 2025; прошла рецензирование 25 ноября 2025; принята 4 декабря 2025.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 122041400102-9), а также при поддержке Программы развития Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (проект № 23-Ш06-20).

Права: © М. А. Островский (2025). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Аннотация. Представлен обзор истории развития физиологии сенсорных систем, в основном зрения и слуха, в России в XX и начале XXI века. В отечественной и мировой биологической науке физиология сенсорных систем занимает достойнейшее место. В России она имеет глубокие корни. К основоположникам следует причислить М. В. Ломоносова, М. М. Воинова, И. М. Сеченова, Н. И. Бакста. Большой вклад в популяризацию физиологии органов чувств внёс И. М. Сеченов. У истоков развития физиологии зрения и слуха в начале XX века стоят физиолог Л. А. Орбели и физик С. И. Вавилов. Развитие физиологической оптики (физиологии зрения) в Государственном оптическом институте (ГОИ) связано с именем С. И. Вавилова. Становление и успешное развитие сенсорной физиологии в 1930-х годах в Институте физиологии им. И. П. Павлова и в Военно-медицинской академии, в конце 1950-х годов в Институте эволюционной физиологии им. И. М. Сеченова в Ленинграде, а также косвенно в Институте высшей нервной деятельности в Москве связано с именем Л. А. Орбели. Важные работы в области сенсорной физиологии были выполнены в ряде институтов Академии наук — Институте химической (затем биохимической) физики им. Н. М. Эмануэля, Институте проблем передачи информации им. А. А. Харкевича, Институте проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Институте биологической физики, Институте биофизики клетки, Институте биоорганической химии им. академиком М. М. Шемакина и Ю. А. Овчинникова, Акустическом институте им. академика Н. Н. Андреева, Дальневосточном отделении РАН.

Ключевые слова: физиология сенсорных систем, физиология зрения, физиология слуха, Л. А. Орбели, С. И. Вавилов

The evolution of physiology of hearing and vision: On the centenary of Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences

M. A. Ostrovsky ^{1, 2}

¹ Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences,
4 Kosygina Str., Moscow 119334, Russia

² Moscow State University Named After M. V. Lomonosov, 1 Leninsky Gory, Moscow 119991, Russia

Author

Mikhail A. Ostrovsky, SPIN: 1725-2857, Scopus AuthorID: 7003458598, ResearcherID: O-7785-2014, ORCID: 0000-0003-4350-2812, e-mail: ostrovsky3535@mail.ru

For citation: Ostrovsky, M. A. (2025) The evolution of physiology of hearing and vision: On the centenary of Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 4, pp. 355–366. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-355-366> EDN KALEHA

Received 26 October 2025; reviewed 25 November 2025; accepted 4 December 2025.

Funding: The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. 122041400102-9) and by the Development Program of Lomonosov Moscow State University (project No. 23-Ш06-20).

Copyright: © M. A. Ostrovsky (2025). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY License 4.0.

Abstract. Focusing on vision and hearing, this paper provides an overview of the development of sensory system physiology in Russia during the 20th and early 21st centuries. Sensory system physiology occupies a prominent place in both Russian and international biological science and has deep historical roots in Russia. Among the pioneers in this field are M. V. Lomonosov, M. M. Voinov, I. M. Sechenov, and N. I. Bakst. Sechenov, in particular, made a significant contribution to the popularization of sensory physiology. The foundations of the physiology of vision and hearing in the early 20th century were laid by the physiologist L. A. Orbeli and the physicist S. I. Vavilov. The development of physiological optics (physiology of vision) at the State Optical Institute is closely associated with the name of S. I. Vavilov. The establishment and successful advancement of sensory physiology during the 1930s at the Pavlov Institute of Physiology and the Military Medical Academy, and from the late 1950s at the Sechenov Institute of Evolutionary Physiology in Leningrad as well as, indirectly, at the Institute of Higher Nervous Activity in Moscow are linked to the name of L. A. Orbeli. Important works in the field of sensory physiology were conducted at a number of the Academy of Sciences institutes like the Emanuel Institute of Chemical and, then, Biochemical Physics, the Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, the Severtsov Institute of Ecology and Evolution, the Institute of Biological Physics, the Institute of Cell Biophysics, the Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, the Academician Andreev Acoustics Institute, and the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Keywords: sensory system physiology, physiology of vision, physiology of hearing, Leon A. Orbeli, Sergey I. Vavilov

Физиология зрения и слуха и в целом физиология сенсорных систем является в России одним из сильнейших направлений комплекса физиологических наук. К основоположникам следует причислить М. В. Ломоносова, М. М. Воинова, И. М. Сеченова, Н. И. Бакста (Островский и др. 2002). Большой вклад в популяризацию физиологии органов чувств внёс Иван Михайлович Сеченов — ученик Германа Гельмгольца. У самого Сеченова есть две работы, относящиеся к физиологии глаза. Первая, посвящённая флуоресценции хрусталика, выполнена им ещё в Гейдельберге в 1859 году в лаборатории Гельмгольца; вторая, касающаяся фасеточного глаза стрекозы, — уже в период «профессорствования»

в Медико-хирургической академии в 1864 году. Популяризации же физиологии органов чувств немало способствовали его девять блестящих публичных лекций на эту тему, которые Сеченов прочитал в 1865–1866 годах в Медико-хирургической академии. По отзывам современников, особенно интересными и содержательными были его лекции «Об органах слуха» и «Об органах зрения и осязания». У истоков же развития физиологии зрения и слуха в начале XX века стоят физиолог Л. А. Орбели и физик С. И. Вавилов (Островский 2011; Островский и др. 2001; 2011).

Уже в первые десятилетия после Октябрьской революции были созданы институты

и лаборатории, в которых началось систематическое изучение физиологии органов чувств, в первую очередь зрения. В Москве это были Институт физики и биофизики Наркомздрава (1919, академик П. П. Лазарев) и Биофизическая лаборатория Академии наук (1921, академик П. П. Лазарев). В Петрограде это был Государственный оптический институт (ГОИ), основанный в 1918 году по инициативе академика Д. С. Рождественского, где он был директором и научным руководителем до 1932 года. Затем ГОИ возглавил С. И. Вавилов. Этот физический институт стал одним из центров становления и развития физиологической оптики (физиологии зрения). Следует подчеркнуть, что существование в нём среди многих других лабораторий физиологической оптики было вполне естественным. Ведь «оптика» в буквальном смысле слова значит «учение о зрении». Изучение глаза как оптического прибора входило в оптику на рубеже XIX и XX столетий как её раздел. Сам С. И. Вавилов с молодых лет увлекался «учением о зрении» и в последующем придавал физиологической оптике огромное значение как с теоретической, так и с практической точек зрения. Об увлечении С. И. Вавилова «учением о зрении» как нельзя лучше свидетельствует его прекрасная поэтическая книжка «Глаз и Солнце», выдержавшая с 1927 года десять изданий и ставшая образцом научно-популярной литературы!

Начало исследований по физиологической оптике в ГОИ было положено ещё при Д. С. Рождественском. В 1922 году Л. Н. Гассовским в ГОИ была организована лаборатория глазной оптики, переименованная позже в лабораторию физиологической оптики. За годы работы лаборатория стала признанным центром глазной оптики и ведущим куратором оптических заводов, производивших приборы для исследования и коррекции зрения. Сам Л. Н. Гассовский, помимо разработки и создания приборов для офтальмологии, успешно занимался оптической коррекцией зрения, зрительной работоспособностью (зрительной эргономикой). Его монография «Глаз и пути повышения эффективности его работы» (1934) стала в те годы настольной книгой для офтальмологов и физиологов зрения. На протяжении многих лет Л. Н. Гассовский тесно сотрудничал с физиологами, в том числе с Л. Т. Загорюлько, В. Д. Глезером, В. Г. Самсоновой, на творчество которых оказал большое влияние.

С приходом в ГОИ С. И. Вавилова физиологическая оптика стала активно развиваться во многих направлениях. Одним из них было

исследование квантовых флуктуаций в акте зрения. С. И. Вавилов и его сотрудники Е. М. Брумберг, К. Б. Пашин, З. М. Свердлов, Т. В. Тимофеева вели наблюдения квантовых флуктуаций света с помощью полностью адаптированного к темноте глаза как лучшего в то время оптического прибора. Следует отметить, что эксперименты с предельно слабыми световыми потоками Вавилов начал ещё в 1920 году в Институте физики и биофизики, которым руководил его учитель П. П. Лазарев. В своей классической монографии «Микроструктура света» (1950) С. И. Вавилов обобщил результаты многолетних экспериментальных исследований, выполненных с помощью глаза, и дал математическое описание дискретной природы света. Из работ С. И. Вавилова и его сотрудников 1930-х годов по абсолютной световой чувствительности глаза следовал принципиально важный для физиологии зрения вывод, согласно которому для восприятия еле заметной вспышки света достаточно поглощения сетчаткой 5–15 квантов, а из этого следовало, что одиночная палочка сетчатки глаза человека способна детектировать одиночный квант света. Это ставило вопрос о необходимости существования в зрительной клетке механизма усиления светового сигнала.

Что касается Института физиологии им. И. П. Павлова, то фундаментальные исследования в области сенсорной физиологии были начаты ещё самим И. П. Павловым. Он ввёл понятие анализатора для обозначения функциональной единицы, ответственной за приём и анализ информации из внешней или внутренней среды организма. Анализатор, по Павлову, представляет собой комплекс, включающий три основных отдела: рецептор (воспринимающий аппарат), проводник (нервные пути) и центральный отдел (в коре головного мозга).

Становление и развитие сенсорной физиологии в Институте физиологии им. И. П. Павлова, а также в Военно-медицинской академии, в первую очередь физиологии зрения, самым тесным образом связано с именем Л. А. Орбели (рис. 1).

Увлечённость физиологией зрения и вообще физиологией органов чувств Орбели пронёс через всю жизнь. Первая научная работа, выполненная им под руководством И. П. Павлова после окончания в 1907 году Военно-медицинской академии и защищённая в 1908 году в качестве докторской диссертации, была монография по физиологии зрения — «Условные рефлексы с глаза у собаки». Первой зарубежной лабораторией, в которой, по рекомендации

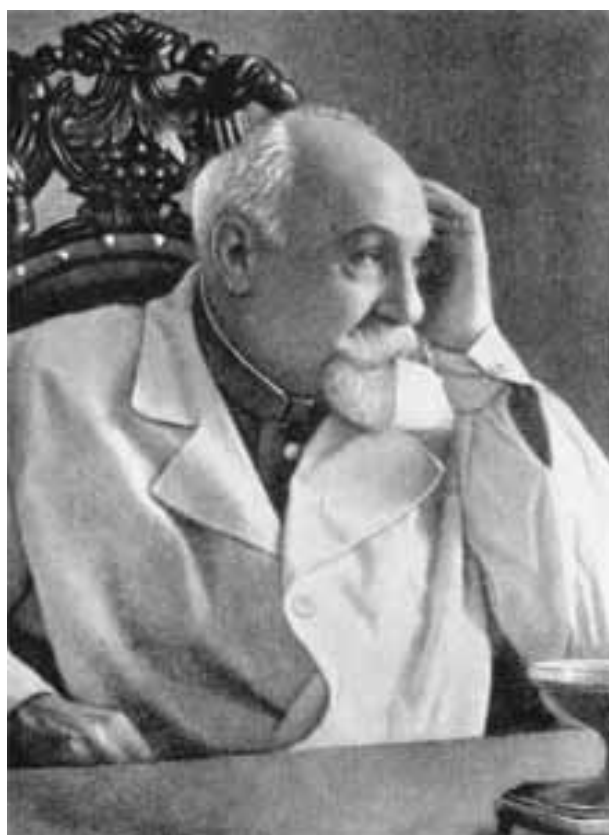


Рис. 1. Леон Абгарович Орбели (1882–1958)
(Источник: https://www.infran.ru/vovenko/60years_wv2/orbeli_m2.htm)

Fig. 1. Leon A. Orbeli (1882–1958)
(URL: https://www.infran.ru/vovenko/60years_wv2/orbeli_m2.htm)

И. П. Павлова, работал Л. А. Орбели, была лаборатория классика физиологии зрения Э. Геринга в Лейпциге. По результатам работы у Геринга Орбели опубликовал две статьи. В 1930-х годах, после 20-летнего перерыва, Л. А. Орбели активно вернулся к физиологии зрения, но теперь уже с многочисленными учениками и сотрудниками, первыми из которых были А. В. Лебединский, Л. Т. Загоруйко, Я. П. Турцаев. И в Институте физиологии АН СССР, и во вверенной ему Военно-медицинской академии Л. А. Орбели широким фронтом развернул исследования по сенсорной физиологии. На кафедре физиологии Военно-медицинской академии активно занимался взаимодействием сенсорных систем один из ближайших и блестящих учеников Орбели — А. В. Лебединский. С 1940-х до начала 1950-х годов он был начальником этой кафедры. В этот период А. В. Лебединским была выполнена серия важных работ как по механизмам темновой адаптации глаза, так и по взаимодействию афферентных систем. Затем, к сожалению, А. В. Лебединский

отошёл от этой тематики. В 1954 году он возглавлял Институт биофизики АМН СССР, а в 1963 году создал и возглавил Институт медико-биологических проблем (ИМБП).

В Институте физиологии АН СССР Л. А. Орбели, директором которого он был по совместительству, создаёт в 1930-е годы лабораторию сенсорных систем, которая в 1950 году была преобразована в лабораторию физиологии зрительного анализатора. Заведующим лабораторией стал и был им до 1960 года профессор Л. Т. Загоруйко, ученик Л. А. Орбели по Военно-медицинской академии. Им были получены важнейшие результаты, касавшиеся как механизмов возникновения и развития последовательных зрительных образов в норме и при различных патологиях, так и взаимодействия афферентных систем. Во время блокады Ленинграда Л. Т. Загоруйко в сотрудничестве с начальником кафедры физики Военно-медицинской академии Н. Т. Фёдоровым внёс неоценимый вклад в маскировку города и кораблей Балтийского флота от воздушных налётов, благодаря чему потери флота оказались минимальными.

Бурное развитие в стране исследований по физиологии зрения (физиологической оптике) позволило Л. А. Орбели и С. И. Вавилову организовать важнейшую конференцию. Это была Первая Всесоюзная конференция по физиологической оптике. Она состоялась в Ленинграде с 25 по 29 декабря 1934 года в стенах Государственного оптического института. Это принципиально важное событие дало мощный импульс развитию физиологии зрения в Советском Союзе. Конференция созывалась, в первую очередь, для решения практических задач физиологии и психофизики зрения. Речь шла о физиологии зрительного труда, насущных проблемах офтальмологии, вопросах гигиены зрения и военного дела. Конференция собрала почти всех работавших в то время в этой области специалистов. В ней активно участвовали многие сотрудники лабораторий Л. А. Орбели и С. И. Вавилова. Согласно сохранившимся сведениям, на конференции присутствовали 156 делегатов и свыше 200 гостей, было прочитано 55 докладов. Четыре доклада были сделаны учениками Орбели: А. В. Лебединским, Л. Т. Загоруйко, Г. В. Гершуни, А. А. Волковым.

В заключительном слове Л. А. Орбели предвосхитил и сформулировал необходимость комплексного, междисциплинарного подхода к изучению зрения: «Мы сейчас переживаем такой момент, когда представители одной дисциплины оказываются бессильными в разработке целого ряда вопросов... При разрозненном

изучении остаются различные существенные пробелы и взаимное непонимание. Теперь мы становимся на дорогу комплексной работы, на дорогу объединения сил представителей различных специальностей, на путь использования нашего опыта, наших знаний, нашего умения работать для того, чтобы общими силами действительно построить единое серьёзное научное знание» (Орбели 1936). Уже на самой конференции для объединения учёных разных специальностей была создана Ассоциация физиков, физиологов и психологов. Труды конференции были изданы в 1936 году в виде отдельного сборника. В 1940 году по предложению Вавилова и Орбели был создан специальный печатный орган «Проблемы физиологической оптики». Эти сборники оказали огромное влияние на развитие всего комплекса наук о зрении. В 1943 году — в годы войны! — С. И. Вавилов и Л. А. Орбели организуют Комиссию Президиума АН СССР по физиологической оптике (председатель — физиолог Л. А. Орбели, его заместители — президент АН СССР С. И. Вавилов и психофизиолог С. В. Кравков). Помимо издания «Проблем физиологической оптики», комиссия проводила всесоюзные конференции, и, что было жизненно важно, поддерживала, как могла, учёных, работавших в области физиологии зрения. Вторая Всесоюзная, послевоенная конференция по физиологической оптике была проведена 12 лет спустя, в мае 1946 года уже в Москве. Основное внимание на ней, естественно, было уделено вкладу в предвоенные и военные годы всего комплекса наук о зрении в военное и гражданское дело. «Опыт только что пережитой войны, — говорил С. И. Вавилов, открывая конференцию, — показал важность этой области знания, дальнейшее развитие которой требует междисциплинарного подхода, кооперации физиков, физиологов, биохимиков, глазных врачей, инженеров-оптиков, светотехников, гигиенистов, психологов, математиков». В выступлении А. В. Лебединского среди фундаментальных направлений физиологической оптики называлось исследование светочувствительных зрительных пигментов и механизмов преобразования света в зрительное возбуждение, то, что позже получило название «фототрансдукция». Будущее развитие физиологии сенсорных систем, несмотря на трудности и непредвиденные препятствия, оказалось плодотворным.

Начнём с Института физиологии им. И. П. Павлова. После Л. Т. Загорулько лабораторию физиологии зрительного анализатора, переименованную затем в лабораторию физиологии зрения, почти 30 лет (1960–1988) возглавлял его преем-

ник — профессор В. Д. Глезер. Он был одним из пионеров и классиков изучения механизмов кодирования и переработки зрительной информации на разных уровнях зрительной системы. Монография В. Д. Глезера и И. И. Цуккермана «Информация и зрение» 1961 года стала настольной книгой не только физиологов и психологов, но и инженеров при создании цифрового телевидения. В. Д. Глезером были получены принципиально важные данные, касающиеся модульной организации зрительной коры. Им была предложена непротиворечивая модель опознания зрительных образов. Эта модель и её обоснование были представлены в его монографии «Зрение и мышление» (1995), переведённой на английский под названием «Vision and Mind» и получившей мировую известность. Если мышление, по Глезеру, следует рассматривать как создание глобальной модели мира, то зрение — это предметное, конкретное мышление, лежащее в основе высших психических функций и абстрактного мышления.

С 1988 года и по настоящее время эту лабораторию в Институте физиологии им. И. П. Павлова возглавляет ученик В. Д. Глезера — профессор Ю. Е. Шелепин. Основное направление его работ — это механизмы распознавания зрительных образов, построения зрительной картины мира и целенаправленной деятельности человека. За последние годы были получены важные данные о роли фовеолярного зрения в такой деятельности, о механизмах восприятия осознаваемой и неосознаваемой информации. В лаборатории разработаны и внедрены новые технологии, получившие широкое распространение в медицине, эргономике и технике. Несомненным достижением стало создание метода визоконтрастометрии. «Атлас тестовых изображений для визоконтрастометрии» имеется сейчас почти в каждом офтальмологическом кабинете.

Говоря об Институте физиологии им. И. П. Павлова, нельзя не сказать о выдающейся научной школе по физиологии слуха члена-корреспондента АН СССР и РАН Г. В. Гершуни и его ученика, члена-корреспондента РАН Я. А. Альтмана, а также о не менее выдающейся школе по физиологии речи Л. А. Чистович и В. А. Кожевникова.

Г. В. Гершуни — мировой классик в области биоакустики и физиологии слуха. Он принадлежит к орбелиевской школе. Более 35 лет, с 1936 по 1972 год, он заведовал в Институте физиологии им. И. П. Павлова лабораторией физиологии органов чувств, а затем лабораторией физиологии слуха. Ещё в 1930-х годах он описал

телефонный («электрофонический») эффект, а затем зарегистрировал микрофонный потенциал внутреннего уха человека. Эти ранние работы Г. В. Гершуни стали классикой физиологии слуховой системы. Им впервые было показано, что электрическая стимуляция внутреннего уха вызывает слуховые ощущения. Через несколько десятилетий это привело к разработке «электрического протезирования слуха» при помощи кохлеарных имплантов. Г. В. Гершуни впервые описал субсенсорные реакции человека на подпороговые раздражения (1945). Современная аудиометрия тоже основана на работах Г. В. Гершуни и его школы. Им был разработан метод объективной аудиометрии, используемый в клинике при невозможности речевого ответа о звуковом сигнале (1955). Работы Г. В. Гершуни периода его деятельности в Институте физиологии им. И. П. Павлова АН СССР привели к возникновению ряда новых направлений, таких как исследование регуляции функций слуховой системы, исследование законов восприятия речи и других сложных акустических сигналов.

В начале 1970-х годов в круг интересов Г. В. Гершуни вошли эволюция и сравнительная физиология слуха. В 1971 году он перешёл в Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР, где организовал лабораторию сравнительной физиологии сенсорных систем (1972–1985). Здесь Г. В. Гершуни начал исследования акустической коммуникации, причём не только у млекопитающих, но и у насекомых. Речь, в частности, шла о «семантическом» значении коммуникационных сигналов животных. Это было совершенно новое, оригинальное направление в физиологии и психофизиологии слуховой системы.

После 1985 года лабораторию возглавила И. А. Вартанян. Продолжая сравнительно-физиологическое и эволюционное направление Г. В. Гершуни, она сосредоточилась на исследовании нейрофизиологических и психофизиологических основ слуховой и соматосенсорной систем. В частности, она выдвинула представление об единстве и взаимодействии различных уровней акустико-речевой системы мозга человека. В настоящее время этой лабораторией успешно заведует д-р биол. наук И. Г. Андреева.

Много сделал Г. В. Гершуни и для развития в нашей стране всего направления физиологии сенсорных систем. Им в своё время было инициировано издание «Проблем физиологической акустики»; затем под его редакцией вышло пять сборников «Сенсорные системы» (1977–1987 гг.). В 1987 году Г. В. Гершуни создал журнал «Сен-

сорные системы», главным редактором которого долгие годы был академик РАН М. А. Островский, а в настоящее время — член-корреспондент РАН М. Л. Фирсов.

После перехода Г. В. Гершуни в Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова заведовать лабораторией физиологии слуха в Институте физиологии им. И. П. Павлова стал его ученик член-корреспондент РАН Я. А. Альтман (с 1972 по 2011 г.). Основным направлением его работ было изучение нейрофизиологических механизмов восприятия движущихся источников звука и механизмов формирования акустической виртуальной реальности. С конца 1960-х годов Я. А. Альтманом и его сотрудниками были детально изучены психофизические характеристики восприятия человеком движения образов в трёхмерном пространстве. В экспериментах на животных Я. А. Альтманом был открыт новый класс нейронов — нейронов-детекторов направления движения акустического источника и предложена гипотеза о детекторном принципе локализации звукового источника. Гипотеза эта вошла в литературу как «детекторная теория локализации движения источника звука Я. А. Альтмана». В последние годы жизни основное внимание Я. А. Альтман уделял исследованию восприятия именно движущихся источников звука. За работы в области локализации источника звука в 1994 году он был награждён Золотой медалью им. И. М. Сеченова. Его ранняя монография «Локализация звука: Нейрофизиологические механизмы» (1972) и последующие «Локализация движущегося источника звука» (1983), «Пространственный слух» (2011), «Слуховые вызванные потенциалы человека и локализация источника звука» в соавторстве с С. Ф. Вайтулевич (1992), особенно «Руководство по аудиологии» в соавторстве с Г. А. Таварткиладзе (2003) вошли в круг, что называется, «обязательного чтения» для физиологов и аудиологов, исследующих или интересующихся физиологией и патологией слуховой системы. Работы в этом направлении учениками Я. А. Альтмана активно продолжают. После его кончины лабораторию возглавлял канд. биол. наук Н. И. Никитин, а с 2021 года — д-р биол. наук А. Б. Шестопалова. В лаборатории успешно продолжается изучение пространственного восприятия человеком неподвижных и движущихся источников звука.

Особое место в истории физиологии сенсорных систем занимают работы Л. А. Чистович и В. А. Кожевникова, касающиеся «психоакустики речи». Их монография 1965 года «Речь: артикуляция и восприятие» стала руководством

к действию для многих лабораторий мира. Свидетельство тому — симпозиумы, посвящённые их памяти и развитию их работ и идей. Инициировал создание этого направления Г. В. Гершуни. По существу, это стало новым направлением как в сенсорной физиологии, так и в психолингвистике, получившим в мировой литературе известность как Ленинградская школа психоакустики речи. В течение многих лет созданной в Институте физиологии им. И. П. Павлова лабораторией психофизиологии речи заведовала сама Л. А. Чистович (1961–1985). В настоящее время эти работы успешно продолжают под руководством заведующей этой лабораторией канд. биол. наук Е. А. Огородниковой. Значение работ Л. А. Чистович и её мужа и сподвижника В. А. Кожевникова для последующего и сегодняшнего развития исследований речи трудно переоценить.

С именем Л. А. Орбели связано становление и развитие физиологии сенсорных систем, в первую очередь зрения и слуха, не только в 1930-е годы в Институте физиологии им. И. П. Павлова и Военно-медицинской академии, но и во второй половине 1950-х годов. Речь идёт о созданном для него в 1956 году, после печально известной «павловской сессии» 1950 года, Институте эволюционной физиологии АН СССР. На присвоении институту имени И. М. Сеченова настоял сам Леон Абгарович. При создании нового института эволюция сенсорных систем становится для него одним из приоритетных направлений. В оставшиеся ему два года жизни Л. А. Орбели по крупницам собирает учеников и бывших сотрудников, приглашает в институт лучших, по его мнению, на тот момент учёных. Среди приглашённых морфолог Я. А. Винников, ученик академика А. А. Заварзина и профессора Н. Г. Хлопина. К моменту приглашения в институт для организации лаборатории эволюционной морфологии — Я. А. Винников был уже известным учёным, доктором наук, автором классической монографии «Сетчатка глаза позвоночных» (1947). Для многих молодых учёных и для меня лично эта монография была настольной книгой. Заведуя этой лабораторией с 1956 года, то есть со дня основания Института, и до 1983 года, Я. А. Винников создал блестящую научную школу в области физиологии и эволюции сенсорных рецепторов. Многие ученики его школы внесли выдающийся вклад в эволюционную физиологию и морфологию сенсорной рецепции. Среди них А. А. Бронштейн, Ф. Г. Грибакин, В. И. Говардовский. Многолетние труды Я. А. Винникова охватывают все основные модальности

сенсорной рецепции. Четыре его монографии: «Кортиев орган» (1961) (написана совместно со спутницей жизни Л. К. Титовой), «Рецептор гравитации» (1971), «Цитологические и молекулярные основы рецепции» (1971), «Эволюция рецепторов» (1979) переведены на английский язык и получили мировую известность. Разработанные им представления о жгутиковой природе рецепторных клеток позвоночных, в том числе и фоторецепторных, его классификация сенсорных рецепторов по принципу «первично- и вторичночувствующих» вошли в отечественные и зарубежные руководства по физиологии, морфологии и эволюции сенсорных систем. Полученные им данные о влиянии факторов космического полёта на строение и эмбриональное развитие вестибулярного аппарата стали исключительно востребованными при формировании новой науки — космической биологии.

Пионерские работы в этой лаборатории были выполнены в группе А. А. Бронштейна по морфологии, молекулярной физиологии и эволюции обонятельной рецепции. Его монографию «Обонятельные рецепторы позвоночных» (1977) можно причислить к классическим трудам в этой области сенсорной физиологии.

После Я. А. Винникова заведующим лабораторией эволюции органов чувств (с 1983 по 2000 г.) стал Ф. Г. Грибакин — мировой известности специалист в области физиологии зрения насекомых. Он развил оригинальное представление о фоторецепторных клетках (рабдомах) беспозвоночных, в первую очередь насекомых, как об оптических световодах, возникших на самых ранних стадиях эволюции. Лучшей книги по зрительной рецепции насекомых, чем его монография «Механизмы фоторецепции насекомых» (1981), нет до сих пор.

После кончины Ф. Г. Грибакина лабораторией с 2000 по 2014 год заведовал В. И. Говардовский — один из лидеров в области физиологии и эволюции фоторецепции. Можно сказать, он был эволюционным физиологом в изначальном понимании Л. А. Орбели. Ему принадлежит ряд важнейших работ, среди которых исследование молекулярных механизмов функционирования и эволюции колбочек. Им было выдвинуто представление о независимом происхождении палочек и колбочек от общего предшественника. К достижениям В. И. Говардовского следует отнести создание скоростного поляризационного микроспектрофотометра, с помощью которого он исследовал фотолиз зрительных пигментов в одиночных нативных палочках и колбочках. В. И. Говардовский — один

из наиболее цитируемых российских авторов в области сенсорной физиологии. Его статья «In search of the visual pigment template» (*Visual Neuroscience*, 2000) собрала 1200 цитирований.

После кончины В. И. Говардовского лабораторией эволюции органов чувств с 2014 года по настоящее время заведует его ученик член-корреспондент РАН М. А. Фирсов. Он успешно продолжает исследования происхождения палочек и колбочек, каскада фототрансдукции в этих клетках сетчатки позвоночных. Им показано участие цАМФ как дополнительного к цГМФ мессенджера в регуляции процесса фототрансдукции. В последнее время в лаборатории ведутся интенсивные работы в области оптогенетического протезирования сетчатки.

Помимо винниковской, в Институте эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова была ещё лаборатория биохимических основ рецепции, созданная и возглавляемая с 1967 по 1993 год Р. Н. Этингоф. В этой лаборатории было сделано важнейшее для понимания механизма фототрансдукции открытие: установлен механизм активации одного из ключевых ферментов — фосфодиэстеразы. Было показано, что активация фосфодиэстеразы происходит за счёт «отрыва» двух гамма-субъединиц от её альфа- и бета-субъединиц и «обнажения» вследствие этого активного центра фермента.

С именем Л. А. Орбели связано также создание в 1950 году и вся последующая деятельность лаборатории физиологии анализаторов в Москве, в Институте высшей нервной деятельности, переименованном позже в Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии сначала АН СССР, а затем РАН. Дело в том, что во время войны Л. А. Орбели создаёт в Москве лабораторию авиамедицины. Это было вызвано, в частности, тем, что у лётчиков с подъёмом на высоту возникали проблемы со зрением, исследованием которых активно занимались его сотрудники В. Г. Самсонова и Л. И. Мкртычева. В послевоенные годы эта лаборатория была расформирована, часть её вошла в московский филиал Института физиологии им. И. П. Павлова и продолжала работать под руководством Л. А. Орбели. В 1950 году, почти сразу после «павловской сессии», эта группа была переведена во вновь организованный тогда Институт высшей нервной деятельности, а затем преобразована в лабораторию физиологии анализаторов животных и человека. Заведующей лабораторией стала и продолжала ею быть до 1972 года верная сотрудница и последовательница Л. А. Орбели — В. Г. Самсонова, сохранившая в ней орбелиевский дух

интеллигентности и свободы научного творчества. В самом конце 1950-х годов в эту лабораторию были приняты два аспиранта — И. А. Шевелёв, которому В. Г. Самсонова предложила заниматься центральными механизмами обработки зрительной информации, и М. А. Островский, которому предложила продолжить работы А. В. Лебединского по влиянию центральной нервной системы на сетчатку глаза. Позже, в 1970 году, группа М. А. Островского, занимавшаяся механизмами фоторецепции, перешла в Институт химической физики АН СССР. В 1972 году, с переходом самой В. Г. Самсоновой в тот же Институт химической физики, заведующим лабораторией физиологии анализаторов стал И. А. Шевелёв, который возглавлял её до ухода из жизни в 2010 году.

Труды ставшего затем академиком РАН И. А. Шевелёва внесли большой вклад в понимание нейрофизиологических механизмов обработки зрительной информации и опознавания зрительных образов. Им была выдвинута теория тормозного формирования детекторных свойств нейронов зрительной коры; показано, что кодирование признаков изображения является пространственно-временным, а не чисто пространственным; обнаружен в первичной зрительной коре новый класс нейронов — «детекторов пересечения линий». Монография И. А. Шевелёва «Нейроны — детекторы зрительной коры» (2010), изданная перед самой его кончиной, обобщила результаты многолетних исследований и остаётся настольной книгой для исследователей, занимающихся центральными механизмами обработки зрительной информации.

Группа М. А. Островского, перешедшая в 1970 году из Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР в Институт химической физики АН СССР, в 1972 году была преобразована в лабораторию физико-химических основ рецепции. Этой лабораторией академик РАН М. А. Островский заведует до настоящего времени. Теперь эта лаборатория находится в составе Института биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, выделившегося в 1994 году из Института химической физики.

Основные направления деятельности этой лаборатории:

- исследование сверхбыстрых прямых и обратных фотохимических реакций зрительного пигмента родопсина;
- исследование супрамолекулярной организации и конформационных изменений молекулы родопсина при действии света

- (в рамках этого направления впервые было показано, что при действии света конформация белковой части молекулы родопсина меняется);
- сравнительно-физиологическое исследование молекулярных механизмов адаптации глаза беспозвоночных (ракообразных) и позвоночных животных к световой среде обитания;
 - исследование механизмов фото- и радиационного повреждения сетчатки и ретинального пигментного эпителия, а также физиологических систем защиты от опасности такого повреждения (в рамках этого направления впервые было показано, что липофусциновые гранулы в клетке ретинального пигментного эпителия обладают фотоактивностью и образуют активные, токсичные формы кислорода; также впервые было выявлено, что экранирующие пигменты глаза позвоночных и беспозвоночных — меланосомы и омомохромы обладают антиоксидантной активностью);
 - разработка новых технологий в офтальмологии (в рамках этого направления было создано новое поколение окрашенных искусственных хрусталиков (интраокулярных линз), защищающих сетчатку от опасности светового повреждения и нашедших широкое применение в офтальмологической практике; был разработан широко применяемый антиоксидантный препарат «Эмоксипин»).

К сильным лабораториям в области сенсорной физиологии, прежде всего зрения, не входящим в орбиту орбелиевского влияния, следует отнести лабораторию обработки сенсорной информации в Институте проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН. Изначально это была лаборатория зрения при АН СССР, руководимая членом-корреспондентом АН СССР и АМН СССР С. В. Кравковым. Будучи заместителем Л. А. Орбели в Комиссии Президиума АН СССР по физиологической оптике, С. В. Кравков много сделал для развития физиологии зрения в нашей стране. После Кравкова заведующим стал Г. К. Гуртовой. Затем эта лаборатория была переведена в Институт биофизики АН СССР, а в начале 1960-х годов — в Институт проблем передачи информации. Заведующими лабораторией обработки сенсорной информации уже в этом Институте последовательно были Н. Д. Ньюберг (1955–1967) → М. М. Бонгард (1967–1971) → А. Л. Бызов (1971–1998).

Н. Д. Ньюберг (математик) был классиком в области цветоведения, колориметрии и цветной репродукции. Одновременно с Р. Лютером он дал полное математическое описание так называемого цветового тела. Термин «цветовое тело Лютера — Ньюберга» вошёл в мировую литературу. Исключительный вклад внёс Н. Д. Ньюберг в описание и понимание феномена «константность цветовосприятия». Суть феномена состоит в том, что на постоянное изменение интенсивности и спектрального состава освещения животные и человек делают неосознанную поправку и в результате видят окраску предметов неизменной. Работы Ньюберга о цветовом теле и константности цветовосприятия продолжил В. В. Максимов. Его монография «Трансформация цвета при изменении освещения» (1984) получила широкую известность. Исследуя цветовое зрение и наличие константности цветовосприятия в поведенческих и электрофизиологических опытах на многих видах животных, В. В. Максимов с соавторами показали, что константность проявляется уже на уровне сетчатки, а именно в реакции цветоопponentных ганглиозных клеток.

Оригинальным направлением в лаборатории было исследование цветового зрения у насекомых. Этим успешно занималась группа, возглавляемая д-ром биол. наук Г. А. Мазохиным-Поршняковым, в будущем заведующим кафедрой энтомологии биологического факультета МГУ. Он открыл, что насекомые обладают ультрафиолетовым приёмником, и показал, что неразличимые для человека окраски прекрасно различаются насекомыми. Книга Г. А. Мазохина-Поршнякова «Зрение насекомых» (1965) стала настольной книгой биологов.

После кончины Н. Д. Ньюберга заведующим лабораторией был избран М. М. Бонгард (физик), один из пионеров теории распознавания образов и моделирования организации поведения. Его монография «Проблема узнавания» (1967) является, на самом деле, одной из первых работ по искусственному интеллекту. М. М. Бонгард трагически погиб в 1971 году на Памире в альпинистской экспедиции.

Яркая страница в истории лаборатории связана с именем А. Л. Ярбуса, который показал, что смещение изображения внешнего мира на сетчатке играет в работе зрительной системы ключевую роль. Его монография «Роль движений глаз в процессе зрения» (1965), четырежды переиздававшаяся под названием «Eye movements and vision», стала настольной книгой для психофизиологов и физиологов зрения. Это направление получило затем в мире

исключительное развитие, свидетелем которого я стал, посетив в 1990-х годах «ярбусовскую» лабораторию в Мэрилендском университете.

После кончины М. М. Бонгарда лабораторию возглавил член-корреспондент РАН А. Л. Бызов. Блестящий экспериментатор, он одним из первых в нашей стране наладил технику микроэлектродных отведений от клеток сетчатки. А. Л. Бызов подробно описал свойства фоторецепторного синапса и горизонтальных клеток, роль обратных связей (латерального торможения) в механизме обработки зрительной информации в сетчатке. Монография А. Л. Бызова «Электрофизиологическое исследование сетчатки» (1966) стала событием в мире сенсорной физиологии.

Ученику А. Л. Бызова Ю. А. Трифонову принадлежит честь важного открытия, касающегося механизма синаптической передачи фоторецепторного сигнала от фоторецепторной к биполярным и горизонтальным клеткам сетчатки. Суть открытия в том, что фоторецепторные клетки позвоночных в темноте деполяризованы и из их пресинаптических окончаний в темноте постоянно выделяется деполяризующий медиатор, а на свету выделение этого медиатора уменьшается или прекращается вовсе. В то время природа медиатора (глутамата) ещё не была установлена. Мне посчастливилось быть соавтором первой опубликованной по этому поводу статьи в журнале «Биофизика», в которой этот феномен был описан (1967). Двумя годами раньше Тсуноэ Томита при внутриклеточном отведении зарегистрировал в ответ на свет гиперполяризационный потенциал колбочек сетчатки золотой рыбки. Из этого следовало, что гиперполяризация в ответ на свет должна приводить к уменьшению скорости или прекращению выделения нейромедиатора из пресинаптического окончания. Это открытие Трифонова — Томита вошло в учебники и руководства по физиологии сенсорных систем.

После кончины А. Л. Бызова лабораторией успешно руководил В. А. Бастаков. В настоящее время ею заведует д-р биол. наук В. Ю. Веденина. Группа В. Ю. Ведениной успешно исследует эволюцию акустической коммуникации у насекомых. Активно продолжают в лаборатории исследования цветового зрения животных и человека. Группой Е. М. Максимовой впервые описаны у рыб три типа ганглиозных клеток с разными свойствами кодирования цвета. П. В. Максимовым предложен оригинальный метод быстрой диагностики дихромазии человека. Г. И. Рожковой и Т. А. Подугольниковой разработаны методы исправления дефектов бинокулярного зрения.

Многолетним сотрудником этой лаборатории О. Ю. Орловым была создана в 1971 году во Владивостоке в ДВНЦ АН СССР лаборатория эволюционной физиологии. Долгое время ею руководил С. Л. Кондрашов. В этой дальневосточной лаборатории велись подробные сравнительно-физиологические исследования механизмов зрения на позвоночных (рыбах, амфибиях) и беспозвоночных. Здесь было открыто новое явление: изменение окраски роговицы рыб в зависимости от интенсивности освещения — по существу, физиологический механизм светофильтрующей защиты сетчатки рыб от опасности повреждающего действия яркого света на мелководье. Исследования в этом направлении продолжают. В настоящее время лабораторией руководит И. И. Пущин.

Ещё одна сильная лаборатория сенсорной физиологии, основное направление которой — сравнительная физиология слуховой и зрительной систем, это лаборатория сенсорных систем позвоночных в Институте проблем экологии и эволюции им А. Н. Северцова РАН. Она была создана в 1967 году как группа по изучению морских млекопитающих, а в 1974 году получила статус лаборатории и нынешнее название. Неизменным руководителем группы, а затем лаборатории с 1967 по 2014 год был профессор А. Я. Супин.

Мировое признание получили работы А. Я. Супина, касающиеся функциональной организации сенсорных систем дельфинов. На примере слуха и зрения дельфинов им были показаны предельные возможности нейрофизиологических механизмов сенсорного анализа. Было показано, что слух дельфинов характеризуется чрезвычайно широким диапазоном воспринимаемых частот — до 200 кГц (против менее чем 20 кГц у человека), что позволяет совместить острую частотную избирательность и высокое временное разрешение. Что же касается зрения, то оно у дельфинов имеет высокое разрешение как в воде, так и в воздухе. Оказалось, что возможно это потому, что в сетчатке глаза дельфина имеется не одна, как у большинства млекопитающих, а две области высокого разрешения. Таким образом, у дельфинов (китообразных) оказалось возможным совместить, казалось бы, несовместимое — высокое частотное и временное разрешение слуха, острое подводное и воздушное зрение. Монографии А. Я. Супина «Электрофизиологические исследования мозга дельфинов» и «The Sensory Physiology of Aquatic Mammals» стали классическими.

В лаборатории было также сделано открытие однополушарного сна у дельфинов. Суть его

состоит в том, что два полушария мозга дельфинов переходят в состояние сна не одновременно, а попеременно: когда одно полушарие спит, другое бодрствует. Открытие однополушарного сна существенно изменило современные представления о регуляции сна и бодрствования и эволюции сна у животных.

С 2014 года лабораторию возглавил и успешно ею руководит ученик А. Я. Супина д-р биол. наук В. А. Попов.

В изучении слуховой системы важное место занимала лаборатория, организованная в начале 1960-х годов в Акустическом институте РАН по инициативе академика Н. Н. Андреева. Руководимая Н. А. Дубровским, она активно занималась изучением слуховой системы дельфинов как поведенческими, так и электрофизиологическими методами. В результате было сформулировано ставшее классическим представление о существовании у этих животных механизмов активного и пассивного слуха. Кроме того, Н. Г. Бибиковым, впоследствии руководителем этой лаборатории, при подробном изучении слуховой системы амфибий и млекопитающих были описаны особенности нейронов стволовых отделов слухового пути позвоночных, в том числе существование нейронов, реагирующих на новизну стимула, нейронов, усиливающих свою активность и улучшающих избирательность при добавлении шумовой составляющей.

Оригинальные исследования по биоакустике насекомых велись с конца 1960-х годов на кафедре энтомологии биологического факультета МГУ. Там профессором Р. Д. Жантиевым были получены важные данные о нейронных сетях, обеспечивающих обработку информации об акустических сигналах, о нейрофизиологических механизмах распознавания насекомыми акустических сигналов. В настоящее время работы в этом направлении продолжаются на кафедре под руководством д-ра биол. наук О. С. Корсунской.

Очень важный вклад в физиологию и биофизику фоторецепции внесла лаборатория биофизики рецепции в Институте биологической физики (Пушино), заведующим которой с 1980 года являлся член-корреспондент РАН Е. Е. Фесенко. В 1985 году из этой лаборатории вышла принципиальная работа Е. Е. Фесенко, С. С. Колесникова и Л. В. Любарского, которая была опубликована в «Nature». В этой работе впервые было показано, что внутриклеточный посредник — циклический нуклеотид (цГМФ) способен непосредственно (!) управлять функциональным состоянием ионного канала плазм-

матической мембраны фоторецепторной клетки. Этот феномен практически сразу получил подтверждение в других лабораториях. Открытие стало составной частью современного представления о механизме фототрансдукции.

После разделения в 1990 году Института биологической физики и образования Института биофизики клетки РАН академик РАН С. С. Колесников возглавил в этом институте лабораторию молекулярной физиологии клетки. В этой лаборатории на самом современном молекулярном и клеточном уровнях исследуются механизмы вкусовой рецепции.

Важнейшее открытие было сделано в 1982 году Ю. А. Овчинниковым, Н. М. Абдулаевым и сотрудниками в Институте биоорганической химии АН СССР в рамках одного из первых междисциплинарных проектов АН СССР «Родопсин». Речь идёт об открытии первичной структуры (полной аминокислотной последовательности) и топографии в фоторецепторной мембране молекулы зрительного пигмента родопсина. Это был первый мембранный белок животного происхождения, структура и топография которого в биологической мембране были установлены. Оно открыло путь для понимания молекулярного механизма запуска процесса фототрансдукции и патогенеза целого ряда дегенеративных заболеваний сетчатки, в первую очередь пигментного ретинита. В более широком, общебиологическом смысле оно открыло путь для понимания структуры и топографии огромного «суперсемейства» G-белок-связывающих рецепторов, типичным представителем которого является зрительный родопсин. Четырьмя годами раньше Ю. А. Овчинников, Н. Г. Абдулаев и сотрудники опубликовали пионерскую работу о полной аминокислотной последовательности (первичной структуре) и топографии другого ретиналь-содержащего мембранного белка — бактериородопсина в пурпурной мембране галобактерий (1978). Лишь почти два десятилетия спустя, в начале 2000-х годов, группе японских и американских авторов удалось кристаллизовать зрительный родопсин и на основе данных рентгеноструктурного анализа представить его пространственную структуру. И снова это была первая, но теперь уже трёхмерная структура мембранного G-белок-связывающего рецептора.

Как показало время, значимость этих открытий в случае зрительного родопсина для фоторецепции в норме и при патологии, а в случае бактериородопсина и других микробных родопсинов для биотехнологии и оптогенетики

трудно переоценить. Они вполне могли бы быть удостоены Нобелевской премии.

Всё вышеизложенное показывает, что физиология сенсорных систем занимает в отечественной и мировой биологической науке достойнейшее место. Огромную роль в этом сыграли предпринятые в своё время усилия и активная поддержка Леона Абгаровича Орбели.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Литература

- Орбели, Л. А. (ред.). (1936) *Труды Первой конференции по физиологической оптике 25–29 декабря 1934 г., созванной Государственным оптическим институтом и Всесоюзным институтом экспериментальной медицины*. М.; Л.: АН СССР, 479 с.
- Островский, М. А. (2011) История развития физиологии зрения в Российской Академии наук. *Вестник Российской Академии наук*, т. 81, № 3, с. 215–222.
- Островский, М. А., Сакина, Н. Л., Федорович, И. Б., Чеснов, В. М. (2001) Физики и световая чувствительность глаза. *Природа*, № 6 (1030), с. 70–77.
- Островский, М. А., Сакина, Н. Л., Федорович, И. Б., Чеснов, В. М. (2002) История становления и развития физиологии органов чувств в России (XVIII в. — 1917 г.). *Вопросы истории естествознания и техники*, т. 23, № 3, с. 448–471.
- Островский, М. А., Сакина, Н. Л., Чеснов, В. М. (2011) Развитие физиологии зрения в России в первые десятилетия Советской власти (1917–1950). *Вопросы истории естествознания и техники*, т. 32, № 2, с. 22–35.

References

- Orbeli, L. A. (ed.). (1936) *Trudy Pervoj konferentsii po fiziologicheskoi optike 25–29 dekabrya 1934 g., sozvannoj Gosudarstvennym opticheskim institutom i Vsesoyuznym institutom eksperimental'noj meditsiny* [Proceedings of the 1st Conference on physiological optics, December 25–29, 1934, convened by the State Optical Institute and the All-Union Institute of Experimental Medicine]. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publ., 479 p. (In Russian)
- Ostrovsky, M. A. (2011) Istorija razvitiya fiziologii zreniya v Rossijskoj Akademii nauk [History of the development of physiology of vision in the Russian Academy of Sciences]. *Vestnik Rossijskoj Akademii nauk*, vol. 81, no. 3, pp. 215–222. (In Russian)
- Ostrovsky, M. A., Sakina, N. L., Chesnov, V. M. (2011) Razvitie fiziologii zreniya v Rossii v pervye desyatiletija Sovetskoj vlasti (1917–1950) [The development of vision physiology in Russia in the first decades of Soviet power (1917–1950)]. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki — Studies in the History of Science and Technology*, vol. 32, no. 2, pp. 22–35. (In Russian)
- Ostrovsky, M. A., Sakina, N. L., Fedorovich, I. B., Chesnov, V. M. (2001) Fiziki i svetovaya chuvstvitel'nost glaza [Physicists and the light sensitivity of the eye]. *Priroda*, no. 6 (1030), pp. 70–77. (In Russian)
- Ostrovsky, M. A., Sakina, N. L., Fedorovich, I. B., Chesnov, V. M. (2002) Istorija stanovleniya i razvitiya fiziologii organov chuvstv v Rossii (XVIII v. — 1917 g.) [The emergence and development of sensory physiology in Russia (18th c. — 1917)]. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki — Studies in the History of Science and Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 448–471. (In Russian)