

УДК 591.582(091)

ВЛИЯНИЕ ФРАНЦУЗСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ НА РАЗВИТИЕ БИОАКУСТИКИ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ (60–70-Е ГОДЫ ПРОШЛОГО СТОЛЕТИЯ)

© 2023 г. А. А. Никольский*

*Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН
Балтийская, 14, Москва, 135215 Россия*

**E-mail: bobak@list.ru*

Поступила в редакцию 05.08.2022 г.

После доработки 01.12.2022 г.

Принята к публикации 10.01.2023 г.

Обсуждается влияние французской научной школы на развитие биоакустики в Советском Союзе в 1960–1970-е годы. Основное влияние на развитие советской биоакустики оказала Лаборатория физиологической акустики при Национальном институте сельскохозяйственных исследований Франции, созданная и руководимая Рене-Ги Бюснелем (René-Guy Busnel). Советская биоакустика усвоила исследовательский опыт Франции в трех основных направлениях: 1) акустическая ориентация и сигнализация насекомых; 2) теория и практика акустических репеллентов в сельском хозяйстве и в авиации; 3) сонарные системы, акустическая коммуникация и ориентация морских млекопитающих, эхолокация. Перечислены основные исследовательские центры в Советском Союзе и рассмотрена роль советских ученых в становлении различных направлений биоакустики в Советском Союзе.

DOI: 10.31857/S0044459623010050, EDN: ANFBJT

Биоакустика – это раздел биологии об ориентации и коммуникации животных посредством (с использованием) акустических колебаний. Объектами и задачами исследований биоакустики являются: морфо-функциональные механизмы генерации акустических сигналов, физические характеристики излучаемых животными звуков, периферические и центральные отделы и механизмы приема и обработки акустической информации, репертуар акустических сигналов в различных группах позвоночных и беспозвоночных животных, кодирование и декодирование информации, передаваемой по акустическому каналу связи, трансмиссивные свойства акустических сигналов, повышающие помехозащищенность передаваемой информации, влияние генетических механизмов и факторов отбора на изменчивость функции и структуры акустических сигналов, специализация и влияние акустической коммуникации на реализацию популяциями животных экологической ниши видов, поддержание посредством генетически детерминированных акустических сигналов интегрированности генофонда популяций, развитие вокальной активности животных в онтогенезе, эволюция акустической коммуникации, включая речевую коммуникацию.

В Советском Союзе весь комплекс задач биоакустики наиболее активно формировался в 60–70-е годы прошлого столетия, до середины 80-х годов. Это было время Советского биоакустического ренессанса: Наумов и др., 1963, 1967; Протасов, 1965; Симкин, Ильичёв, 1966; Гершуни, 1967, 1972; Никольский и др., 1968; Ильичёв, 1971, 1972, 1975; Радионова, 1971; Альтман, 1972; Соловьёва, 1972; Яблоков и др., 1972; Наумов, 1973а, б; Белькович, 1974, 1978; Жантеев, 1974, 1981; Никольский, 1974, 1980, 1984; Романенко, 1974; Биоакустика, 1975; Дубровский, 1975; Белькович, Дубровский, 1976; Гольцман и др., 1977; Богословская, Солнцева, 1979; Еськов, 1979; Константинов, Мовчан, 1985; Попов, 1985, и др., а также сотни журнальных статей и тезисов докладов в сборниках всесоюзных конференций.

Так, в апреле 1969 г. под председательством Н.П. Наумова состоялся первый межвузовский симпозиум “Пространственная ориентация и сигнализация животных” (1970), на котором в том числе был обобщен накопленный к этому времени опыт биоакустических исследований. Кстати, именно на этом симпозиуме Николай Павлович (Наумов, 1970, с. 11) впервые представил научной общественности свою знаменитую концепцию биологического сигнального поля.

В эти же годы были защищены первые докторские диссертации по основным направлениям биоакустики на примере различных групп животных (Ильичёв, 1966; Протасов, 1966; Константинов, 1973; Еськов, 1975; Симкин, 1977; Белькович, 1979; Жантеев, 1979; Попов, 1979; Никольский, 1981). Авторы этих диссертаций возглавили основные направления развития биоакустики в Советском Союзе.

Ведущими центрами биоакустических исследований в СССР стали: биолого-почвенный (биологический) факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, биологический факультет Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова АН СССР, Акустический институт им. Н.Н. Андреева АН СССР, Институт океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова АН СССР, Институт физиологии им. И.П. Павлова АН СССР, Институт биофизики Пушинского научного центра АН СССР.

Большое значение для развития биоакустических исследований имел Научный совет по комплексной проблеме “Кибернетика” при Президиуме АН СССР, созданный по инициативе академика Акселя Ивановича Берга (1893–1979).

Заметное влияние на развитие *полевой* биоакустики оказал пример Бориса Николаевича Вепринцева (1928–1990), автора популярной серии пластинок “Голоса птиц в природе”, долгие годы выпускаемой Всесоюзной фирмой грамзаписей “Мелодия”. Для Бориса Николаевича запись голосов птиц была любительским занятием. Он работал в Институте биофизики в Пушино на Оке, где успешно исследовал клеточные мембраны. В октябре 1981 г. Б.Н. Вепринцев собрал в Пушино Первое Всесоюзное совещание “Запись звуковых сигналов животных”, которое продемонстрировало значительные успехи советской полевой биоакустики. Были заслушаны 24 доклада специалистов из Москвы, Ленинграда, Таллина, Вильнюса, Каунаса, Владивостока, Норильска, Приокско-Террасного заповедника (Никольский А., Никольский И., 1982).

В Советском Союзе понятие “биоакустика”, как ключевое понятие самостоятельного раздела биологии, предложено в 1963 г. в программной статье декана биолого-почвенного факультета МГУ им. М.В. Ломоносова профессора Николая Павловича Наумова (1902–1987) и его ближайших сотрудников, Г.Н. Симкина, В.Д. Ильичёва, Б.Д. Васильева (Наумов и др., 1963), с которыми он начинал биоакустические исследования на кафедре зоологии позвоночных.

Будучи выдающимся экологом, Николай Павлович прекрасно понимал значение биокоммуни-

кации в организации структуры и функционирования надорганизменных систем (Никольский, 2017). В 1960 г. он возглавил Секцию бионики при Научно-техническом Совете Минвуза РСФСР, что на много лет открыло широкие возможности для исследования *систем* ориентации и коммуникации животных. Инициатива Московского университета оказала сильное влияние на расширение биоакустических исследований в Советском Союзе.

Становлению биоакустики как самостоятельного направления в биологии предшествовало событие, которое повлияло на развитие биоакустических исследований во всем мире и в Советском Союзе в том числе. К этому событию в большой степени причастна французская биоакустическая школа, во главе которой в 50–70-е годы прошлого столетия стоял известный биолог и незаурядный организатор науки Рене-Ги Бюснель (René-Guy Busnel).

В апреле 1956 г. в Пенсильванском государственном университете (США) по инициативе профессора Университета штата Гавайи (Гонолулу, США) Хуберта Фрингса (Hubert Frings) состоялась Международная конференция по биологической акустике, в которой приняли участие 55 специалистов из 5 стран. Участники Конференции главное внимание сосредоточили на проблемах сотрудничества, по образному выражению Фрингса (Frings, 1963), “не между животными, а друг с другом” (“not between the animals, but between the workers to themselves”). Конференция, организованная Восточной ассоциацией кольцевания птиц (США) (Eastern Bird Banding Association, 1956), так и называлась: “Conference on Communication of Information by Workers Studying Sounds of Biological Significance” (“Конференция по обмену информацией между специалистами, изучающими звуки, имеющие биологическое значение”).

Информация о Конференции под заголовком “Two interesting meetings, 1956” опубликована в разделе “Новости Ассоциации”, где было сказано, что в первый день Конференции с докладами выступают Гриффин (D. Griffin, Гарвардский университет, США), Бюснель (R.-G. Busnel, Лаборатория физиологической акустики, Франция), Морс (F. Mohres, Университет Тюбингена, Германия) и Памфри (R.J. Pumphrey, Университет Ливерпуля, Англия). Для участия в дискуссии приглашались члены Восточной ассоциации кольцевания птиц.

Я думаю, что именно это скромное мероприятие в Пенсильванском университете стало тем событием, о котором В.Д. Ильичёв (1970, с. 326) пишет в “Большой Советской энциклопедии”: “Официальное признание (биоакустика. — А.Н.) получила в 1956 г. на 1-м Международном биоакустическом конгрессе (США)”. Эта сентенция

одного из основоположников советской биоакустики вот уже 50 лет переходит из публикации в публикацию, включая статьи в интернете.

Результатом работы Конференции в Пенсильванском университете стало создание Международного Комитета по биоакустике (International Committee on Biological Acoustics – I.C.B.A.), который возглавил Хуберт Фрингс (Hubert Frings). К тому времени он зарекомендовал себя не только множеством публикаций, посвященных акустической коммуникации птиц, но, что не менее важно, инициировал применение акустических репеллентов, на десятилетия ставших предметом исследований во многих странах мира, включая Советский Союз (Наумов, Ильичёв, 1965).

На Конференции в “Университетском парке Государственного Колледжа Пенсильвании” была высказана идея подвести итог накопленным знаниям в области биоакустики и принято решение собрать под одной обложкой статьи по всем направлениям современной для того времени биоакустики (Busnel, 1963). Почетная, но невероятно сложная работа ответственного редактора была поручена ведущему французскому биоакустику Бюснелю. В результате в 1963 г. вышел в свет объемистый том в 933 страницы “Акустическое поведение животных” (“Acoustic Behaviour of Animals” Busnel, 1963), ставший настольной книгой по всем основным направлениям биоакустики.

Это актуальное для своего времени издание способствовало прежде всего усвоению языка активно развивавшейся в Советском Союзе новой науки – биоакустики. Так, В.Д. Ильичёв пишет, подчеркивая развитие понятийного аппарата нового направления в биологии (Ильичёв, 1968а, с. 70): “Примерно к 50-м годам нашего столетия, в биоакустике ... возникла общая задача ... эта задача вскоре получила название проблемы общения, проблемы коммуникаций или связи ...”.

РЕНЕ-ГИ БЮСНЕЛЬ (RENÉ-GUY BUSNEL) – ЛИДЕР ФРАНЦУЗСКОЙ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ 1950–1970-Х ГОДОВ

Когда я говорю о влиянии научной французской школы на развитие биоакустики в Советском Союзе, то имею в виду прежде всего влияние лидера французской биоакустики 50–70-х годов прошлого столетия, одного из основоположников мировой биоакустики Рене-Ги Бюснеля (рис. 1) и сотрудников возглавляемой им Лаборатории физиологической акустики.

Бюснель прожил долгую жизнь. Он родился 30 ноября 1914 г. в городе Невер (Nevers, Франция), скончался 1 августа 2017 г. в Париже. В Сорбонне получил научную специализацию физиолога животных. Работал в Институте океанографии и в ла-



Рис. 1. Рене-Ги Бюснель (René-Guy Busnel) 1914–2017 (фото из: Busnel, 1963).

боратории сравнительной физиологии. В 1949 г. Бюснель открыл Лабораторию физиологической акустики при Национальном институте сельскохозяйственных исследований (Institut national de la recherche agronomique, INRA) в Жуи-ан-Жоза (Jouy-en-Josas) в окрестностях Парижа, которая просуществовала до 1981 г., и, кроме того, с 1965 по 1983 год возглавлял лабораторию биоакустики при Практической школе высших исследований (École Pratique des Hautes Études, EPHE).

Административный и имиджевый ресурс обеих научно-образовательных структур и самого Бюснеля способствовали развитию биоакустики во Францию, на несколько десятилетий выдвинув французскую научную школу в число одного из ведущих биоакустических центров мира.

Созданная под редакцией Бюснеля коллективная монография “Acoustic Behaviour of Animals” (Busnel, 1963) оказала сильное влияние на развитие биоакустики в Советском Союзе. Советские авторы одинаково часто ссылались как на отдельные статьи из этого капитального труда, так и на монографию в целом.

Всего в написании книги приняли участие 24 автора, 6 из них, включая самого Бюснеля, – сотрудники возглавляемой им Лаборатории физиологической акустики в Жуи-ан-Жоза. Содержание книги касается практически всех аспектов современной для того времени биоакустики и, что не менее важно, книга, созданная профессио-

налами, была написана на профессиональном языке, обучая начинающих биоакустиков языку новой для них науки.

Единственным представителем Советского Союза среди коллектива авторов из 25 человек оказался психолингвист Николай Иванович Жинкин (1893–1979). В этом престижном издании ему принадлежит большая 50-страничная статья “Приложение теории алгоритмов к речи животных: методы вокального взаимодействия между обезьянами” (Zhinkin, 1963). Это был дебют советской биоакустики на международной арене. В начале 1960-х годов биоакустика в СССР делала первые шаги. В эти годы мы объективно не могли претендовать на равноправное сотрудничество с зарубежными коллегами. Статья Н.И. Жинкина в “Acoustic Behaviour of Animals” представляет собой перевод на английский его статьи “Звуковая коммуникативная система обезьян”, опубликованной ранее на русском языке (Жинкин, 1960) по материалам наблюдений в знаменитом Сухумском обезьяньем питомнике.

Вероятнее всего Н.И. Жинкина свел с Бюсне-лем случай. В 1962 г. Н.И. Жинкин побывал в Париже на конференции экспертов ЮНЕСКО (Жинкин, 1998, на с. 346 ошибочно указан 1932 г.; Зимняя, 2001), где встречался с Раулем Юссон (Raoul Husson, 1901–1967), автором нейрорхнаксихической теории голосообразования (Юссон, 1974). Работы Юссона оказали большое влияние на исследование Жинкиным механизмов речи. Я не исключаю, что именно Юссон рекомендовал Жинкина Бюсне-лю. Основной труд Н.И. Жинкина (1958) “Механизмы речи” был широко известен и в 1968 г. издан во Франции на английском языке (Zhinkin, 1968).

Другой коллективный труд под редакцией Бюсне-ля “Сонарные системы животных. Биология и бионика” в двух томах (Busnel, 1967), так же как и “Acoustic Behaviour of Animals”, воспринимался (и цитировался) советскими биоакустиком как монография, хотя это двухтомное издание включало работы множества авторов. Оба тома представляют собой доклады Коллоквиума и их обсуждение, который состоялся осенью 1966 г. во Фраскати (Италия). Издание совпало со временем (середина 1960-х годов), когда в Советском Союзе оживился интерес к механизмам ориентации и навигации животных. Так, в том же 1967 г. Научный совет по комплексной проблеме “Кибернетика” при Президиуме АН СССР издал 600-страничный сборник трудов “Вопросы бионики” (1967), в котором многие статьи были посвящены ориентации животных. В 1970 г. вышла знаменитая монография Э.Ш. Айрапетьянца и А.И. Константинова (1970) “Эхолокация в природе”. А в 1972 г. — большая монография А.В. Яблокова с соавторами “Киты и дельфины”, где одно из цен-

тральных мест занимает глава “Слух и ориентация”.

К концу 70-х годов исследования наших ученых получили известность за рубежом, но у нас были ограниченные возможности для общения с коллегами из большинства стран мира. Так, в 1980 г. под редакцией Бюсне-ля и Джеймса Фиша (James F. Fish, Калифорния, США) в серии Наук о жизни, издававшейся НАТО (A, Life series), вышли доклады Второго коллоквиума по сонарным системам животных, состоявшегося в Нью-Джерси (США) в апреле 1979 г. Однако советских специалистов, уже известных мировому научному сообществу по многочисленным публикациям, на этом симпозиуме не было. Редактор издания профессор Бюсне-ль (Busnel, 1980, p. VIII) в Предисловии с горечью писал: “Хотя в 1969–1970 гг. в Советском Союзе было проведено много исследований, весьма прискорбно (it is most unfortunate), что по независимым причинам коллеги из этой страны не смогли принять участия в наших дискуссиях”.

Основные тенденции развития советской биоакустики в 60–70-е годы прошлого столетия указывают на то, что французская биоакустическая школа оказала заметное влияние в трех *конкретных* направлениях развития биоакустических исследований в Советском Союзе: 1) акустическая коммуникация и ориентация насекомых; 2) теория и практика акустических репеллентов для защиты урожая и предотвращения столкновений самолетов с птицами; 3) акустическая коммуникация и ориентация водных млекопитающих, сонарные системы, эхолокация.

Во всех трех направлениях присутствуют прикладные аспекты управления поведением животных, в том числе, отдавая дань популярной в то время бионике, попытки создания моделей, копирующих живые системы. Завышенные ожидания, связанные с бионикой, были характерны для мировой науки начала второй половины прошлого столетия. Бионика была так же популярна, как в начале нашего века популярна биотехнология. В этом отношении советская биоакустика находилась “в тренде” мировой науки и, несмотря на “железный занавес”, активно усваивала новаторские тенденции наиболее заметных мировых научных школ. Так, упомянутая выше программная статья Н.П. Наумова с соавторами (1963) начинается с призыва развивать бионические исследования. Начало этой статьи заслуживает того, чтобы процитировать его полностью и почувствовать “дух времени” (Наумов и др., 1963, с. 1200): “Однако значение биоакустики не ограничивается лишь *экологией* (курсив мой. — А.Н.). Оно возрастает в связи с развитием другой новой науки — *бионики* (курсив мой. — А.Н.), основные задачи которой заключаются в создании искусственных

моделей биологических систем для решения инженерных проблем. Моделирование акустических аппаратов животных, по мнению специалистов, является насущной потребностью техники". Вот так, ни мало, ни много — "насущной потребностью". Напомню, что к этому времени Н.П. Наумов возглавлял Комиссию по бионике.

Связь биоакустики с экологией для Н.П. Наумова была естественна: биокоммуникация является одним из механизмов организации надорганизменных систем. Эколог Н.П. Наумов, создатель гениальной концепции биологического сигнального поля (Наумов, 1973а), возлагал большие надежды на моделирование экосистем. В статье "Бионика и надорганизменные системы" он писал (Наумов, 1973б, с. 14): "...большое народнохозяйственное значение имеет глубокое познание принципов построения и работы надорганизменных систем для управления природными процессами в сельском, лесном и промысловом хозяйстве, охране природы, практической и экспериментальной эпидемиологии и др."

АКУСТИЧЕСКАЯ КОММУНИКАЦИЯ И ОРИЕНТАЦИЯ НАСЕКОМЫХ

Бюснель создавал основы биоакустики в Национальном институте сельскохозяйственных исследований Франции, где сельскохозяйственная зоология занимала заметное место в тематике решаемых институтом прикладных проблем. Естественно, что многие исследования были связаны с желанием управлять поведением вредителей сельского хозяйства. Но, как нередко бывает, практический выход оказался скромным на фоне множества открытий акустической коммуникации и ориентации насекомых, до этого времени мало известных науке.

Еще в 1950 г. Бюснель опубликовал большую статью, посвященную прикладным аспектам биоакустики прямокрылых насекомых, *Orthoptera* (Busnel, Chavasse, 1950), с недвусмысленным названием: "Исследования звуковых и ультразвуковых эмиссий прямокрылых в сельском хозяйстве: изучение частот (курсив мой. — А.Н.)". А спустя 5 лет под его редакцией вышел сборник "Акустика Прямокрылых" (Busnel, 1955) по материалам коллоквиума, который состоялся в 1954 г. в Жуи-ан-Жоза.

Это двухтомное издание — одно из наиболее цитируемых советскими биоакустиками насекомых. Его можно считать первым, с которого начинается знакомство советских специалистов с результатами исследований акустической активности насекомых.

Лидер московской школы биоакустики насекомых профессор Московского университета Рустем Девлетович Жантеев регулярно обращался,

так же как и его последователи, к научному наследию школы французского профессора Рене-Ги Бюснеля. В докторской диссертации, защищенной в 1979 г., Рустем Девлетович ссылается на 12 публикаций Бюснеля, а в последовавшей за диссертацией монографии "Биоакустика насекомых" — на 16 работ Бюснеля и сотрудников его Лаборатории (Жантеев, 1979, 1981). В обоих случаях как обязательные источники цитируются результаты коллоквиума в Жуи-ан-Жоза (Busnel, 1955) и "Акустическое поведение животных" (Busnel, 1963), коллективная монография под редакцией Бюснеля — настольная книга советских биоакустиков.

Монография Р.Д. Жантеева "Биоакустика насекомых", вышедшая в 1981 г., по признанию автора (Жантеев, 1981, с. 7), является результатом 15-летних исследований, проводившихся на кафедре энтомологии биологического факультета МГУ, т.е. с середины 60-х годов прошлого столетия, спустя 10 лет после создания Бюснелем Лаборатории физиологической акустики.

Школой Бюснеля был накоплен большой опыт по изучению реакций насекомых на звуковые сигналы в традиционном для физиологии понимании, как фонотаксис. Этот опыт французской научной школы успешно использовал Р.Д. Жантеев, в чем можно убедиться по цитированию работ Бюснеля и сотрудников его лаборатории (Busnel, Lohr, 1953, 1954а, b; Busnel et al., 1954, 1956а, b; Busnel, Dumortier, 1955; Busnel, 1956; Dumortier, 1963а) в центральной, седьмой главе "Биоакустики насекомых" (Жантеев, 1981) — "Реакция насекомых на коммуникационные звуковые сигналы и их модели" — и в одиннадцатой главе — "Акустическая ориентация", где Рустем Девлетович также ссылается на публикации Бюснеля и его сотрудников (Busnel, Dumortier, 1954, 1956; Busnel et al., 1956b).

Одновременно с московской в Институте эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова АН СССР развивалась ленинградская школа биоакустики насекомых, которую возглавил Андрей Владимирович Попов (1940–2009). Уже в названии его главного труда "Акустическое поведение и слух насекомых" (Попов, 1985) заметно влияние школы Бюснеля. Именно Бюснель ввел в широкий научный оборот словосочетание "акустическое поведение", поместив его в название коллективной монографии, ставшей, как я уже говорил, настольной книгой биоакустиков (Busnel, 1963).

А.В. Попов (1985) активно использует накопленный французами опыт биоакустических исследований насекомых, обсуждая ключевые понятия реакции насекомых на акустические стимулы, такие как "фонокинез", "фоноответ" и "фонотаксис", и факторы, определяющие реак-

цию реципиентов на стимулы (Busnel M.-C., Busnel R.-G., 1956; Busnel, Dumortier, 1956; Busnel et al., 1959; Busnel, Burkhardt, 1962).

Уже в ранних работах, совершенствуя методику изучения слуховой системы насекомых, он (Попов, 1967) в том числе использует результаты экспериментов, выполненных в Лаборатории физиологической акустики, возглавляемой Бюснелем (Busnel, 1953; Busnel, Burkhardt, 1962).

В большой обзорной статье, опубликованной в Трудах Энтомологического общества, в списке литературы, состоящего из 94 названий, автором 16 работ является Бюснель и сотрудники лаборатории в Жуи-ан-Жоза (Попов, 1969). А.В. Попов неоднократно подчеркивал приоритет школы Бюснеля в описании звуков, издаваемых прямокрылыми, и в открытии неизвестных ранее феноменов акустического поведения насекомых (Busnel, Chavasse, 1950; Busnel, 1953, 1956; Busnel, Lohrer, 1953, 1954b, 1961; Busnel, Dumortier, 1955; Busnel et al., 1956b; Dumortier, 1963b, c).

Особое место в биоакустике насекомых занимают работы Евгения Константиновича Еськова. Широко известна его монография “Акустическая сигнализация общественных насекомых” (Еськов, 1979), посвященная в основном акустической коммуникации и ориентации медоносной пчелы, изучению поведения которой он посвятил десятки лет жизни. Обсуждая акустическое поведение пчел, Евгений Константинович активно использует коллективную монографию под редакцией Бюснеля “Acoustic Behaviour of Animals” (Busnel, 1963), прежде всего, две большие работы сотрудника Лаборатории физиологической акустики Дюмортье (Dumortier, 1963a, b), регулярно цитируемые до сегодняшнего дня.

В современной России влияние школы Бюснеля на биоакустику насекомых выглядит как затухающий след. Так, в докторской диссертации ученицы Р.Д. Жантиева Ольги Сергеевны Корсуновской (2009), посвященной акустическим системам кузнечиковых (Orthoptera, Tettigonoidea), процитированы всего две работы Бюснеля с соавторами и одна работа Дюмортье, сотрудника Лаборатории физиологической акустики в Жуи-ан-Жоза (Busnel et al., 1956a, b; Dumortier, 1963d). Напомню, научный руководитель О.С. Корсуновской Р.Д. Жантиев (1979) в своей докторской диссертации ссылается на 12 работ Бюснеля.

Причины “охлаждения” к французской биоакустической школе понятны. Это общемировая тенденция. Во-первых, в 1983 г. закрылась лаборатория, возглавляемая Бюснелем, в результате чего прекратилось прямое влияние одного из наиболее активных и авторитетных членов научного сообщества, вовлеченных в исследование акустического поведения животных. Во-вторых, в исследовательскую практику приходят новые

технологии, а вместе с ними расширяется география современных исследовательских центров, из которых выходят многочисленные публикации на английском языке — на языке современной науки. В результате пионерные исследования Бюснеля, опубликованные в основном на французском, быстро устаревают и забываются.

АКУСТИЧЕСКИЕ РЕПЕЛЛЕНТЫ

Следующее направление влияния французской научной школы на развитие биоакустики в Советском Союзе — это теория и практика акустических репеллентов для защиты урожая и предотвращения столкновений самолетов с птицами.

Уже в середине 1950-х годов Бюснель возглавил во Франции исследования акустических репеллентов не только насекомых, но и птиц. Успешному развитию этого направления исследований способствовало сотрудничество Бюснеля с орнитологом из США Фрингсом (Frings et al., 1958), одним из инициаторов использования акустических репеллентов для борьбы с птицами (Frings, 1954).

В Советском Союзе исследования акустических репеллентов инициировал, при поддержке Н.П. Наумова, известный орнитолог, профессор кафедры зоологии позвоночных МГУ Валерий Дмитриевич Ильичёв (1937–2013), впоследствии — сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова АН СССР, где возглавил Научный совет по биоповреждениям при Президиуме АН СССР. В компетенцию Совета входили в том числе исследования применения акустических репеллентов для борьбы с птицами в сельском хозяйстве и в авиации.

Стремительная научная карьера В.Д. Ильичёва начиналась на кафедре зоологии позвоночных МГУ под руководством патриарха советской орнитологии, профессора Георгия Петровича Деметьева (1898–1969) с изучения физиологии слуха и акустического поведения птиц, как об этом сообщает сам Валерий Дмитриевич (Ильичёв, 1987). Примечательно, что в 1967 г. В.Д. Ильичёв опубликовал совместно с Г.П. Деметьевым статью на немецком языке в одном из популярных орнитологических журналов “Der Falke”, издаваемом в Дрездене: “Биоакустика и связанные с ней исследования” (Dementiev, Iljitschew, 1967), в которой, среди прочего, обсуждается положительный международный опыт применения акустических репеллентов для отпугивания птиц, обобщенный в материалах коллоквиума, проходившего в Париже (Busnel, Giban, 1960).

Диссертация В.Д. Ильичёва (1966) стала первой, наравне с диссертацией ихтиолога В.Р. Протасова (1966), докторской диссертацией, посвященной проблемам биоакустики.

В.Д. Ильичёв активно использовал работы французских биоакустиков. Уже в 1965 г. вышла монография под названием “Акустические репелленты и их применение”, где дается высокая оценка работам школы Бюснеля (Наумов, Ильичёв, 1965, с. 23): “Гораздо больше в этом отношении дают лабораторные исследования с применением точной звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуры. Прекрасные образцы такого рода исследования дают работы Бюснеля и сотрудников (Busnel et al., 1955a, b, 1957; Busnel, Gramet, 1956; Gramet, 1956, 1959, 1962, и др.)”. В цитировании Н.П. Наумова и В.Д. Ильичёва (1965), вероятно допущена ошибка: вместо “Busnel et al., 1957” указано “Busnel, 1957”.

В этой небольшой книжке Н.П. Наумов и В.Д. Ильичёв ссылаются на 12 работ Бюснеля и его сотрудников из 84 источников, входящих в список литературы.

Спустя два года по инициативе Научного совета по комплексной проблеме “Кибернетика” вышел большой сборник статей “Вопросы бионики” (1967), где была опубликована статья инициативной группы, возглавляемой Н.П. Наумовым, “Средства ориентации у животных и их моделирование” (Наумов и др., 1967). Сетую на отставание Советского Союза в изучении средств коммуникации среди животных, авторы в качестве положительного примера ссылаются на передовой опыт Франции (Busnel, Giban, 1960). Речь идет об упомянутом выше коллоквиуме, состоявшемся в Париже, посвященном акустической защите сельскохозяйственных культур и другим средствам отпугивания птиц (Colloque sur la protection acoustique des cultures et autres moyens d'effarouchement des oiseaux). Это было заметным, своевременным событием, давшим старт множеству исследований, особенно актуальных для зарождавшейся в то время авиационной орнитологии.

Определенное влияние на развитие прикладной биоакустики в Советском Союзе оказал аналитический обзор В.Д. Ильичёва, опубликованный в “Итогах науки” (Ильичёв, 1968б), “Акустическая ориентация птиц и звуковые репелленты”. Сборник аналитических обзоров “Итоги науки”, впоследствии — “Итоги науки и техники”, регулярно издавал Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ). Благодаря “Реферативному журналу”, издаваемому ВИНИТИ, советские ученые получали оперативную информацию о достижениях мировой науки, включая, конечно, и результаты биоакустических исследований.

Значительную часть обзора В.Д. Ильичёв посвятил анализу достижений в прикладной биоакустике во Франции. Уже в начале статьи автор (Ильичёв, 1968б, с. 113–114) подчеркивает, что именно в Париже “в 1960, 1962, 1965 гг. были

опубликованы материалы трех крупных симпозиумов, специально посвященных акустическим средствам управления поведением птиц и в частности отпугиванию птиц от садов, виноградников, полевых, аэродромов и населенных пунктов” (Busnel, Giban, 1960, 1965; Giban, 1962).

В обзоре В.Д. Ильичёв обсуждает результаты множества конкретных полевых экспериментов, проведенных в лаборатории в Жуи-ан-Жозе (Busnel et al., 1957; Busnel, 1959; Busnel, Giban, 1960; Gramet, 1962, 1965a; Gramet, Hanoteau, 1965). В том числе автор подробно анализирует эксперименты, связанные с поиском так называемого информационного звена (Busnel, Bremond, 1961; Bremond, 1965). Информационным звеном одно время называли фрагменты звуковых сигналов, вызывающие у реципиента наибольшую ответную реакцию. Концепция информационного звена лежит в основе моделирования так называемого ориентира-стимула — искусственно создаваемых акустических стимулов, влияющих на ответную реакцию приемника сигнала (Ильичёв, Вилкс, 1978).

Для создания высокопроизводительной модели ориентира-стимула требуется большая предварительная работа, множество сложных полевых экспериментов, детальное знание акустической характеристики звуковых сигналов и слуховой системы птиц. В.Д. Ильичёв обращает внимание на высокую разрешающую способность слуха птиц как на фактор, расширяющий возможности моделирования акустических стимулов для целей управления их поведением.

В.Д. Ильичёв и Е.К. Вилкс (1978) многократно подчеркивали приоритет французской научной экспериментальной школы в развитии теории управления поведением птиц посредством акустических стимулов (Busnel, Gramet, 1956; Gramet, 1965a). В том числе благодаря инициативам Бюснеля и его сотрудников, в Советском Союзе сформировалась служба орнитологической безопасности.

В настоящее время во всем мире орнитологическая служба стала регулярным подразделением военной и гражданской авиации, в обязанности которого входит защита воздушных судов от столкновений с птицами. За прошедшие 50 лет с начала становления орнитологической службы накоплен огромный опыт управления поведением птиц, предложено и внедрено множество методов снижения орнитологической опасности. Главный из них — экологическая непривлекательность для птиц аэродромов. Но огромные территории аэродромов и их окрестностей невозможно сделать абсолютно непривлекательными для птиц, поэтому и сегодня в авиации, прежде всего, продолжается поиск репеллентов для их отпугивания.

В Советском Союзе у истоков создания орнитологической службы гражданской и военной авиации стоял известный орнитолог, сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова АН СССР Владимир Эдуардович Якоби (1926–2003).

В своем основном труде “Биологические основы предотвращения столкновения самолетов с птицами” (Якоби, 1974), анализируя целесообразность применения акустических репеллентов, В.Э. Якоби, прежде всего, ссылается на пионерные работы французских биоакустиков (Busnel et al., 1956c; Gramet, 1962, 1965b; Giban, 1965; Busnel, Giban, 1968).

Одно время в Советском Союзе было немало последователей французской и американской школ использования репеллентов для отпугивания птиц, что нашло отражение во множестве публикаций с характерными названиями, например, “Инструкция по организации акустического отпугивания скворцов на виноградниках юго-востока Казахстана” (Сема, 1973). Но скоро стало понятно, что акустические репелленты не являются простым и универсальным средством защиты от птиц.

Еще в 1968 г. В.Д. Ильичёв (1968а, с. 70) писал по этому поводу, обсуждая опыт французских биоакустиков: “Вместе с тем и их (акустических репеллентов. — А.Н.) применение, основанное пока на чисто эмпирических поисках, тоже оказывается далеко не так эффективным, как этого хотелось”. Коммуникация животных значительно сложнее, чем это представлялось в годы становления биоакустики.

Игорь Дмитриевич Никольский, мой однофамилец и коллега по кафедре зоологии позвоночных МГУ, как-то рассказывал, вернувшись из Молдавии, где проводил полевые эксперименты по отпугиванию скворцов: “Подхожу к винограднику. Огромная стая скворцов. Я им “погудел”. Скворцы с шумом поднялись и, сделав пару кругов, перелетели на виноградник соседнего совхоза...”.

Интересно отметить, Жак Жибан (Jacques Giban), один из организаторов Коллоквиума по использованию акустических репеллентов против птиц (Busnel, Giban, 1960), в июне 1974 г. приехал в Москву для участия в Первом международном конгрессе по млекопитающим, где от имени Национального института сельскохозяйственных исследований в Жуи-ан-Жоза выступил с докладом. Доклад опубликован на русском языке (Жибан, 1977): “Оценка вредоносной деятельности млекопитающих в регионах с развитым сельским и лесным хозяйством”.

СОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭХОЛОКАЦИЯ

Третье направление французской биоакустической школы, которое заметно повлияло на развитие биоакустики в Советском Союзе, это акустическая коммуникация и ориентация водных млекопитающих, сонарные системы, эхолокация. Основными центрами по исследованию коммуникации и ориентации китов и дельфинов были: Институт океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, Акустический институт им. Н.Н. Андреева АН СССР и Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова АН СССР. Основными центрами по изучению эхолокации морских млекопитающих и рукокрылых — Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова и Институт физиологии им. И.П. Павлова АН СССР.

Авторы широко известной монографии “Эхолокация в природе” во введении сообщают (Айрапетьянц, Константинов, 1970, с. 8): “В нашей книге излагаются наиболее важные материалы указанных симпозиумов”. Имеются в виду симпозиумы, регулярно проводимые за рубежом, прежде всего, это симпозиум “Animal sonar systems”, состоявшийся в итальянском городе Фраскати в 1966 г. Доклады симпозиума “включали исследования эхолокации летучих мышей, дельфинов, ластоногих и некоторые вопросы методического и технического порядка”. Как уже было сказано, по материалам симпозиума опубликованы два тома трудов под редакцией Бюснеля (Busnel, 1967). Всего же Эрванд Шамирович Айрапетьянц (1906–1975) и Алексей Иванович Константинов (1937–2003) ссылаются на семь работ Бюснеля и сотрудников руководимой им лаборатории.

Заметным событием в советской биоакустике стал выход монографии “Киты и дельфины” (Яблоков и др., 1972), где значительное место занимает глава 10 “Слух и локация”, написанная Всеволодом Михайловичем Бельковичем (1935–2016). Описывая звуки зубатых китов, Всеволод Михайлович многократно ссылается на широко известную работу Бюснеля и Джиджика (Busnel, Dziedzic, 1966а), ставшую основополагающим исследованием акустической активности морской свиньи (*Phocoena phocoena*). Помимо указанной работы, в монографии используется и другие публикации Бюснеля и его сотрудников (напр., Busnel et al., 1965; Busnel, Dziedzic, 1968).

Особое место в советской биоакустической литературе занимает монография Евгения Васильевича Романенко, физика-акустика, имевшего опыт работы с акустическими сигналами морских млекопитающих, “Физические основы биоакустики” (Романенко, 1974). По сути, это профессионально написанное учебное пособие по акустике для биологов. Особенно полезное для тех, кто занимается биоакустикой морских млекопи-

тающих. Евгений Васильевич, хорошо знакомый с работами французских морских биологов, успешно использует их, обсуждая акустические характеристики издаваемых морскими млекопитающими звуков, с позиций акустика (напр., Busnel, Dziedzic, 1966a, b). Такого рода публикации весьма полезны биологам, работающим со звуками животных, но не имеющими специального физического образования.

Инициатором многих прикладных биоакустических исследований был Николай Андреевич Дубровский (1933–2008), директор Акустического института АН СССР с 1989 г., руководитель созданной им в 1962 г. лаборатории психоакустики и биофизики слуха (Некролог..., 2008). Его докторская диссертация, защищенная в 1980 г. с грифом “Для служебного пользования”, была посвящена, как можно догадываться по публикациям Николая Андреевича и по содержанию заметки, опубликованной в журнале “Сенсорные системы” (Некролог..., 2008), механизмам ориентации дельфинов посредством эхолокации.

Свою небольшую монографию с лаконичным названием “Эхолокация у дельфинов” он начинает с замечания (Дубровский, 1975, с. 3): “Исследования локационного аппарата дельфина начались в конце 40-х—начале 60-х годов нашего столетия, когда были проведены первые опыты для доказательства самого факта существования эхолокационного феномена”. При этом он ссылается в том числе на ранее упоминавшееся двухтомное издание под редакцией Бюснеля (Busnel, 1967) и на работу Андерсена (Andersen, 1970), тесно сотрудничавшего с Бюснелем.

Более полный анализ механизмов эхолокации у дельфинов Н.А. Дубровский осуществил совместно с профессором Всеволодом Михайловичем Бельковичем, сотрудником Института океанологии АН СССР (Белькович, Дубровский, 1976). Авторы этого выдающегося труда активно используют ранний экспериментальный опыт, накопленный во Франции, благодаря инициативам Бюснеля (Busnel et al., 1965; Busnel, Dziedzic, 1966a, b, c, 1968; Busnel, 1967).

Попутно замечу, докторская диссертация В.М. Бельковича (1979), так же как и диссертация Н.А. Дубровского, имеет гриф “Для служебного пользования”. Но автореферат диссертации В.М. Бельковича доступен в Российской государственной библиотеке. В то время как на диссертацию и на автореферат Н.А. Дубровского в открытых каталогах нет даже ссылки, они доступны только по месту защиты в Акустическом институте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я не знаю, были ли у Бюснеля прямые рабочие контакты с советскими специалистами, но его

косвенное влияние на развитие биоакустики в Советском Союзе оказалось очень сильным. Большинство работ Бюснеля и его коллег, хотя и написаны на французском языке, хорошо знали и активно цитировали в Советском Союзе.

Влиянию Бюснеля на развитие биоакустики способствовало множество факторов. Бюснель обладал возможностями и достоинствами, которые позволяли ему влиять на развитие биоакустики во всем мире. Возглавляя лабораторию физиологической акустики в одном из крупнейших исследовательских центров Франции, он эффективно использовал административный ресурс. Его не вызывающая сомнений харизма, энергия и энтузиазм располагали к сотрудничеству с десятками ведущих специалистов в различных странах мира, что подтверждается работой Бюснеля в качестве ответственного редактора авторитетнейших международных изданий (Busnel, 1955, 1963, 1967, 1980; Busnel, Giban, 1960, 1965).

Большое значение имела способность Бюснеля быстро и эффективно переключаться с одной прикладной задачи на другую: защита урожая от насекомых, применение акустических репеллентов для отпугивания птиц, защита самолетов от столкновения с ними, развитие бионики на основе использования принципов работы сонарных систем морских млекопитающих и пр.

Необходимо отметить, что Бюснель был, прежде всего, физиологом. Его научное мировоззрение — это научное мировоззрение физиолога, которое заключается в стремлении сопоставить специфику ответа реципиента со свойствами стимула, в данном случае — акустического, исследовать реакцию реципиента на стимул, обладающий определенными свойствами, что прослеживается во всем научном творчестве Бюснеля и его школы и, конечно, отразилось на развитии биоакустики в Советском Союзе.

Но Бюснель и его школа были не единственными во Франции, кто способствовал развитию биоакустических исследований в Советском Союзе. Заметное влияние на формирование биоакустики в СССР оказал нейрофизиолог Жан-Поль Легуи (Jean-Paul Legouix, 1922–2009), создавший в 1960 г. в престижном Коллеж де Франс (Collège de France) Лабораторию электрофизиологии улитки, которая проводила исследования структуры и функции этого тончайшего органа позвоночных животных (<https://journals.openedition.org/lettre-cdf/384>).

Работы Легуи с соавторами успешно использовали Г.Н. Симкин (1965), Г.В. Гершуни (1972), Я.А. Альтман и Н.А. Дубровский (1972), В.Д. Ильичёв и Е.К. Вилкс (1978), А.А. Никольский (1984).

Сравнительный анализ строения относительно крупных слуховых барабанов пустынных грызунов (Petter, 1953; Legouix et al., 1954) и, как следствие, подтверждение повышенной чувствительности слу-

ха к низким частотам у специализированной жизненной формы пустынных млекопитающих (Legouix, Wisner, 1955), повлияли на развитие *экологической биоакустики* в Советском Союзе (напр., Симкин, 1965, 1969, 1975; Никольский, 1984). Это были одни из первых работ, где *специализация акустической коммуникации* животных стала предметом специальных исследований.

Интересно заметить, что именно работы Легуи с соавторами и их последователя в Советском Союзе Г.Н. Симкина (1935–2014), обратившими внимание на низкочастотный слух пустынных грызунов, спустя десятилетия привели к неожиданному открытию. У большой песчанки (*Rhombomys opimus*), обитателя пустынь Средней Азии и Казахстана, частота звукового предупреждающего об опасности сигнала оказалась относительно низкой (ниже 2 кГц) (Никольский, 1973). Спустя десятилетия выяснилось, что генерировать низкочастотный сигнал, передаваемый на десятки метров, песчанкам удается благодаря тому, что они кричат с закрытым ртом, используя резонансные свойства ротовой полости (Никольский, 2014).

Определенное влияние на развитие биоакустики в Советском Союзе имели также работы Легуи (Legouix, Kayser, 1965) по исследованию пространственного слуха млекопитающих (Альтман, Дубровский, 1972). Замечу, что основные исследования Н.А. Дубровского в Акустическом институте были посвящены сонарным системам дельфинов (Дубровский, 1975), где пространственный слух имеет решающее значение в процессе локации.

Позднее Легуи (Legouix, 1979) выступил в качестве ответственного редактора коллективной монографии, посвященной структуре и функции улитки — “Les récepteurs cochléaires, structure et fonctionnement”, где были подведены итоги многолетних исследований этого тончайшего органа рецепции, проводимые в Коллеж де Франс.

За последние 30–40 лет биоакустика в России отошла от инженерных задач, от бионики, и в основном погрузилась в традиционные для биологии проблемы. В настоящее время биоакустическими центрами в России остаются биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Акустический институт им. Н.Н. Андреева РАН, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН.

БЛАГОДАРНОСТИ

За помощь в подготовке рукописи к печати я благодарю Е.А. Ванисову, Л.Л. Данилкину и О.С. Корсуновскую. Особая благодарность анонимному Рецензенту.

Заинтересованное прочтение Рецензентом рукописи моей статьи вдохновляет на дальнейшую работу в новом для меня амплуа историка науки.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках научного проекта № 22-18-00564.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Конфликт интересов отсутствует.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айрапетьянц Э.Ш., Константинов А.И., 1970. Эхолокация в природе. М.: Наука. 378 с.
- Альтман Я.А., 1972. Локализация звука. Л.: Наука. 216 с.
- Альтман Я.А., Дубровский Н.А., 1972. Пространственный слух // Физиология сенсорных систем. Ч. 2. Руководство по физиологии. Л.: Наука. С. 398–426.
- Белькович В.М., 1974. Ориентация китообразных // Итоги науки. Т. 6. М.: ВИНТИ. С. 190–210.
- Белькович В.М. (ред.), 1978. Поведение и биоакустика дельфинов. М.: Изд-во АН СССР. 194 с.
- Белькович В.М., 1979. Сенсорные основы ориентации дельфинов. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. 290 с.
- Белькович В.М., Дубровский Н.А., 1976. Сенсорные основы ориентации китообразных. М.: Наука. 204 с.
- Биоакустика: Учебное пособие, 1975 / Под ред. Ильичева В.Д. М.: Высш. шк. 257 с.
- Богословская Л.С., Солнцева Г.Н., 1979. Слуховая система млекопитающих. М.: Наука. 239 с.
- Вопросы бионики, 1967 / Под ред. Гаазе-Раппопорт М.Г. М.: Наука. 596 с.
- Гершуни Г.В., 1967. О механизмах слуха (в связи с исследованием временных и временно-частотных характеристик слуховой системы // Механизмы слуха. Проблемы физиологической акустики. Т. 6. Л.: Наука. С. 3–32.
- Гершуни Г.В., 1972. Общая характеристика слуха у позвоночных животных // Физиология сенсорных систем. Ч. 2. Руководство по физиологии. Л.: Наука. С. 130–157.
- Гольцман М.Е., Наумов Н.П., Никольский А.А., Овсяников Н.Г., Пасхина Н.М., Смирин В.М., 1977. Социальное поведение большой песчанки (*Rhombomys opimus* Licht.) // Вопросы териологии: Поведение млекопитающих. М.: Наука. С. 5–69.
- Дубровский Н.А., 1975. Эхолокация у дельфинов. Л.: ЦНИИ “Румб”. 104 с.

- Еськов Е.К., 1975. Акустическая сигнализация в коммуникациях общественных насекомых. Дисс. ... докт. биол. наук. Рыбное: НИИ пчеловодства. 378 с.
- Еськов Е.К., 1979. Акустическая сигнализация общественных насекомых. М.: Наука. 209 с.
- Жантеев Р.Д., 1974. Звуковая сигнализация членистоногих // Звуковая сигнализация животных. Пушкино: Ин-т биол. физики. С. 5–15.
- Жантеев Р.Д., 1979. Биоакустика насекомых: звуковая сигнализация и ориентация. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 495 с.
- Жантеев Р.Д., 1981. Биоакустика насекомых. М.: Изд-во МГУ. 256 с.
- Жибан Ж., 1977. Оценка вредоносной деятельности млекопитающих в регионах с развитым сельским и лесным хозяйством // Вопросы териологии. Успехи современной териологии. М.: Наука. С. 55–63.
- Жинкин Н.И., 1958. Механизмы речи. М.: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР. 312 с.
- Жинкин Н.И., 1960. Звуковая коммуникативная система обезьян // Изв. АПН РСФСР. Вып. 113: Мышление и речь. С. 183–226.
- Жинкин Н.И., 1998. Язык – речь – творчество (Избранные труды). М.: Лабиринт. 368 с.
- Зимняя И.А., 2001. Благодарной памяти учителя и духовного наставника // Лингвопсихология речевой деятельности. Воронеж: НПО “МОДЭК”. С. 403–411.
- Ильичёв В.Д., 1966. Биоакустика птиц. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 813 с.
- Ильичёв В.Д., 1968а. Физические и функциональные характеристики голоса птиц // Орнитология. Т. 9. М.: Изд-во МГУ. С. 58–72.
- Ильичёв В.Д., 1968б. Акустическая ориентация птиц и звуковые репелленты // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. С. 113–131.
- Ильичёв В.Д., 1970. Биоакустика // Большая Советская Энциклопедия: в 30 т. / Глав. ред. Прохоров А.М. 3-е изд. Т. 3. М.: Советская энциклопедия. С. 326.
- Ильичёв В.Д., 1971. Лекции по биоакустике. М.: Изд-во МГУ. 91 с.
- Ильичёв В.Д., 1972. Биоакустика птиц. М.: Изд-во МГУ. 286 с.
- Ильичёв В.Д., 1975. Локация птиц: Адаптивные механизмы пассивной локации сов. М.: Наука. 196 с.
- Ильичёв В.Д., 1987. Информационная экология птиц – основа инженерно-экологических разработок и создания ЭСУП (экологические средства управления поведением) нового поколения // Биоакустические синтезаторы и управление поведением птиц. Вильнюс: Изд-во АН ЛитССР. С. 13–41.
- Ильичёв В.Д., Вилкс Е.К., 1978. Пространственная ориентация птиц. М.: Наука. 286 с.
- Константинов А.И., 1973. Эхолокационные системы летучих мышей подотряда Microchiroptera: биоакустические и физиологические исследования. Дисс. ... докт. биол. наук. Л.: Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. 369 с.
- Константинов А.И., Мовчан В.И., 1985. Звуки в жизни зверей. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 303 с.
- Корсуновская О.С., 2009. Акустические системы связи кузнечиковых (Orthoptera, Tettigonioidae). Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.И. Ломоносова. 365 с.
- Наумов Н.П., 1970. Проблемы пространственной ориентации // Пространственная ориентация и сигнализация животных / Под ред. Наумова Н.П. М.: Изд-во МГУ. С. 3–11.
- Наумов Н.П., 1973а. Сигнальные (биологические) поля и их значение для животных // Журн. общ. биологии. Т. 34. № 6. С. 808–817.
- Наумов Н.П., 1973б. Бионика и надорганизменные системы // Вопросы бионики. М.: Наука. С. 7–14.
- Наумов Н.П., Ильичёв В.Д., 1965. Акустические репелленты и их применение. М.: Изд-во МГУ. 47 с.
- Наумов Н.П., Симкин Г.Н., Ильичёв В.Д., Васильев Б.Д., 1963. О некоторых проблемах акустической ориентации наземных позвоночных // Зоол. журн. Т. 42. № 8. С. 1200–1211.
- Наумов Н.П., Симкин Г.Н., Ильичёв В.Д., Протасов В.Р., 1967. Средства общения у животных и их моделирование // Вопросы бионики. М.: Наука. С. 419–445.
- Некролог. Памяти Николая Андреевич Дубровского посвящается, 2008 // Сенсорные системы. Т. 22. № 3. С. 271–272.
- Никольский А.А., 1973. Адаптивная изменчивость параметров звуковых сигналов млекопитающих как объект моделирования // Бионика. Т. 4. М.: Изд-во АН СССР. С. 88–94.
- Никольский А.А., 1974. Звуковая сигнализация наземных млекопитающих // Звуковая сигнализация животных. Пушкино: Ин-т биол. физики. С. 52–62.
- Никольский А.А., 1980. Вокализация и звуковая сигнализация грызунов // Фауна и экология грызунов. Вып. 14. М.: Изд-во МГУ. С. 5–43.
- Никольский А.А., 1981. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 367 с.
- Никольский А.А., 1984. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. М.: Наука. 199 с.
- Никольский А.А., 2014. Вокализация большой песчанки (Mammalia, Rodentia) с закрытым ртом как механизм генерации низкочастотного звукового сигнала // ДАН. Т. 455. № 3. С. 366–369.
- Никольский А.А., 2017. Выдающийся Российский эколог Николай Павлович Наумов // Вест. Росс. ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. Т. 25. № 4. С. 585–594.
- Никольский А.А., Никольский И.Д., 1982. 1-е Всесоюзное совещание “Запись звуковых сигналов животных” // Журн. общ. биологии. Т. 43. № 3. С. 430–431.
- Никольский И.Д., Протасов В.Р., Романенко Е.В., Шишкова Е.В., 1968. Звуки рыб. Атлас. М.: Наука. 93 с.
- Попов А.В., 1967. Характеристики активности центральных нейронов в слуховой системе саранчи // Механизмы слуха. Л.: Наука. С. 108–121.
- Попов А.В., 1969. Сравнительное исследование звуковых сигналов и некоторых принципов организации слуховой системы цикад и прямокрылых // Тр. Всесоюз. Энтомол. об-ва. Т. 53. С. 182–221.

- Попов А.В., 1979. Система акустической коммуникации насекомых. Дисс. ... докт. биол. наук. Л.: Ин-т эвол. физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова. 493 с.
- Попов А.В., 1985. Акустическое поведение и слух насекомых. Л.: Наука. 253 с.
- Пространственная ориентация и сигнализация животных, 1970 / Под ред. Наумова Н.П. М.: Изд-во МГУ. 120 с.
- Протасов В.Р., 1965. Биоакустика рыб. М.: Наука. 205 с.
- Протасов В.Р., 1966. Акустическая и оптическая сигнализация и ближняя ориентация рыб. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 418 с.
- Радионова Е.А., 1971. Функциональная характеристика нейронов кохлеарных ядер и слуховая функция. Л.: Наука. 196 с.
- Романенко Е.В., 1974. Физические основы биоакустики. М.: Наука. 178 с.
- Сема А.М., 1973. Инструкция по организации акустического отпугивания скворцов на виноградниках юго-востока Казахстана. Алма-Ата. 15 с.
- Симкин Г.Н., 1965. Типы слуховых полостей млекопитающих в связи с особенностями их образа жизни // Зоол. журн. Т. 44. № 10. С. 1538–1545.
- Симкин Г.Н., 1969. Акустический сигнал и системы сигнализации мелких млекопитающих // Зоол. журн. Т. 48. № 4. С. 579–586.
- Симкин Г.Н., 1975. Акустическая ориентация млекопитающих // Биоакустика. М.: Высш. шк. С. 141–184.
- Симкин Г.Н., 1977. Акустическая ориентация и общение млекопитающих. Дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 441 с.
- Симкин Г.Н., Ильичёв В.Д., 1966. Сигнализация и механизмы её осуществления в общении животных // Вопросы физиологии сенсорных систем (Обзоры). М.; Л.: Наука. С. 98–133.
- Соловьёва А.И., 1972. Основы психологии слуха. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 187 с.
- Юссон Р., 1974. Певческий голос: исследование основных физиологических и акустических явлений певческого голоса. М.: Музыка. 263 с.
- Яблоков А.В., Белькович В.М., Борисов В.И., 1972. Киты и дельфины. М.: Наука. 472 с.
- Якоби В.Э., 1974. Биологические основы предотвращения столкновений самолетов с птицами. М.: Наука. 168 с.
- Andersen S., 1970. Auditory sensitivity of the Harbour porpoise *Phocoena phocoena* // Investigations on Cetacea. V. 2. Bern: Hirnanatomisches Institut. P. 255–259.
- Bremond J.-C., 1965. Valeur réactogène des fréquences acoustiques dans le signal de défense territoriale du Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*) // C. R. Acad. Sci. V. 260. № 10. P. 2910–2913.
- Busnel M.-C., 1953. Contribution à l'étude des émissions acoustiques des Orthoptères // Ann. Epiphyt. V. 3. P. 333–421.
- Busnel M.-C., Burkhardt D., 1962. An electrophysiological study of the phonokinetic reaction in *Locusta migratoria migratorioides* (L.) // Symp. Zool. Soc. Lond. № 7. P. 13–44.
- Busnel M.-C., Busnel R.-G., 1956. Sur une phonocinèse de certains Acridiens à des signaux acoustiques synthétiques // C. R. Acad. Sci. V. 242. № 2. P. 292–295.
- Busnel M.-C., Dumortier B., Busnel R.-G., 1959. Recherches sur la phonocinèse des certains insectes // Bull. Soc. Zool. Fr. V. 84. P. 351–370.
- Busnel R.-G. (ed.), 1955. Colloquium on Acoustics of Orthoptera, Jouy-en-Josas, 1954. Paris: Inst. Rech. Agron. 448 p.
- Busnel R.-G., 1956. Étude de l'un des caractères physiques essentiels des signaux acoustiques réactogènes artificiels sur les Orthoptères et d'autres groupes d'Insectes // Insectes Sociaux. V. 3. № 1. P. 11–16.
- Busnel R.-G., 1959. Quelques exemples de phonocomportements en présence d'un signal acoustique chez différentes espèces animales // J. Fr. Otorhinolaryngol. V. 8. № 1. P. 19–29.
- Busnel R.-G. (ed.), 1963. Acoustic Behaviour of Animals. Amsterdam: Elsevier. 933 p.
- Busnel R.-G. (ed.), 1967. Animal Sonar Systems. Biology and Bionics. NATO Advanced Study Institute Symposium, Frascati, Italy, September–October. V. 1. Jouy-en-Josas: Laboratoire de Physiologie Acoustique. 1233 p.
- Busnel R.-G., 1980. Preface // Animal Sonar Systems. N.-Y.; L.: Plenum press. P. VII–X.
- Busnel R.-G., Bremond J.-C., 1961. Étude préliminaire du décodage des informations contenues dans le signal acoustique territorial du Rouge-gorge (*Erithacus rubecula* L.) // C. R. Acad. Sci. V. 252. P. 608–610.
- Busnel R.-G., Chavasse P., 1950. Recherches sur les émissions sonores et ultrasonores d'Orthoptères nuisibles à l'agriculture: Étude des fréquences // Nuovo Cimento. Ser. 9. V. 7. № 2. P. 470–486.
- Busnel R.-G., Dumortier B., 1954. Observations sur le comportement acoustico-sexuel de la femelle d'*Ephippiger bitterensis* // C. R. Soc. Biol. V. 148. P. 1589–1590.
- Busnel R.-G., Dumortier B., 1955. Étude du cycle génital du male d'*Ephippiger* (et son rapport avec le comportement acoustique) // Bull. Soc. Zool. Fr. V. 80. P. 23–26.
- Busnel R.-G., Dumortier B., 1956. Rapport entre la vitesse de déplacement et l'intensité du stimulus dans le comportement acoustico-sexuel de la femelle d'*Ephippiger bitterensis* // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 242. P. 174–177.
- Busnel R.-G., Dziedzic A., 1966a. Résultats métrologiques expérimentaux de l'écholocation chez le *Phocoena phocoena* et leur comparaison avec ceux de certaines Chauves-Souris // Les systems sonars animaux. Biologie et bionique. Frascati. P. 307–331.
- Busnel R.-G., Dziedzic A., 1966b. Acoustic signals of the pilot whale *Globicephala melaena* and of the porpoises *Delphinus delphis* and *Phocoena phocoena* // Whales, Dolphins and Porpoises. Los Angeles: Univ. California Pres. P. 608–646.
- Busnel R.-G., Dziedzic A., 1966c. Acoustique physiologique – caractéristiques physiques de certains signaux acoustiques du Delphinidé *Steno bredanensis* // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 262. P. 143–146.
- Busnel R.-G., Dziedzic A., 1968. Caractéristiques physiques des signaux acoustiques de *Pseudorca crassidens* Owen (Cétacé Odontocète) // Mammalia. V. 32. № 1. P. 1–5.

- Busnel R.-G., Giban J. (eds), 1960. Colloque sur la protection acoustique des cultures et autres moyens d'effarouchement des oiseaux. Jouy-en-Josas les 26 et 27 novembre 1958. Paris: Inst. Rech. Agron. 246 p.
- Busnel R.-G., Giban J. (eds), 1965. Colloque le problème des oiseaux sur les aérodromes. Nice les 25, 26 et 27 novembre 1963. Paris: Inst. Nat. Rech. Agron. 326 p.
- Busnel R.-G., Giban J., 1968. Prospective considerations concerning bio-acoustics in relation to bird-saving techniques // The Problems of Birds as Pests. Proceedings of a Symposium Held at the Royal Geographical Society, London, on 28 and 29 September 1967. L.: Academic press. P. 17–28.
- Busnel R.-G., Gramet P., 1956. Recherches préliminaires sur le comportement acoustique de *Quelea quelea quelea* Latham en captivité // Bull. I.F.A.N. V. 18. P. 280–326.
- Busnel R.-G., Loher W., 1953. Recherches sur le comportement de divers mâles d'Acridioidea soumis à des stimuli acoustiques artificiels // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 237. P. 1557–1559.
- Busnel R.-G., Loher W., 1954a. Mémoire acoustique directionnelle du mâle de *Chorthippus biguttulus* L. (Acrididae) // C. R. Soc. Biol. V. 148. P. 993–995.
- Busnel R.-G., Loher W., 1954b. Recherches sur le comportement de divers mâles d'Acridiens à des signaux acoustiques artificiels // Ann. Sci. Natur. Zool. V. 16. P. 271–281.
- Busnel R.-G., Loher W., 1961. Déclenchement de phonoréponses chez *Chorthippus brunneus* (Thbg.) Acridinae // Acta Acust. United Acust. V. 11. № 2. P. 65–70.
- Busnel R.-G., Loher W., Pasquinelly F., 1954. Recherches sur les signaux acoustiques réactogènes pour divers mâles d'Acrididae // C. R. Soc. Biol. V. 148. P. 1987–1991.
- Busnel R.-G., Pasquinelly F., Dumortier B., 1955a. La trémulation du corps et la transmission aux supports des vibrations en résultant comme moyen d'information à courte portée des Éphippigères mâle et femelle // Bull. Soc. Zool. Fr. V. 80. P. 18–22.
- Busnel R.-G., Busnel M.-C., Dumortier B., 1956a. Relations acoustiques interspécifiques chez les Ephippigères // Ann. Epiphyt. V. 3. P. 451–469.
- Busnel R.-G., Dumortier B., Busnel M.-C., 1956b. Recherches sur le comportement acoustique des Ephippigères // Bull. Bio. Fr. Belg. V. 90. № 3. P. 219–286.
- Busnel R.-G., Dziedzic A., Andersen S., 1965. Seuils de perception du système sonar du Marsouin *Phocaena phocaena* L., en fonction du diamètre d'un obstacle filiforme // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 260. № 1. P. 295–297.
- Busnel R.-G., Giban J., Gramet Ph., Pasquinelly F., 1955b. Observations préliminaires de la phonotaxie négative des Corbeaux à des signaux acoustiques naturels ou artificiels // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 241. P. 1846–1849.
- Busnel R.-G., Giban J., Gramet Ph., Pasquinelly F., 1956c. Absence d'action des ondes du radar sur la direction de vol de certains oiseaux // C. R. Soc. Biol. V. 150. № 1. P. 18–20.
- Busnel R.-G., Giban J., Gramet Ph., Frings H., Frings M., Jumber J., 1957. Interspécificité de signaux acoustique ayant une valeur sémantique pour des Corvidés européens et nord-américains // C. R. Hebd. Seances Acad. Sci. V. 245. P. 105–108.
- Dementiev G.P., Iljitschew W.D., 1967. Die Bioakustik und einige Fragen ihrer Erforschung // Der Falke. Bd. 14. № 2. S. 50–53.
- Dumortier B., 1963a. Étude expérimentale de la valeur interspécifique du signal acoustique chez les Éphippigères et rapport avec les problèmes d'isolement et de maintien de l'espèce (Orthoptera, Ephippigeridae) // Ann. Epiphyt. V. 14. № 1. P. 5–23.
- Dumortier B., 1963b. The physical characteristics of sound emissions in Arthropoda // Acoustic Behaviour of Animals / Ed. Busnel R.-G. Amsterdam: Elsevier. P. 316–371.
- Dumortier B., 1963c. Ethological and physiological study of sound emissions in Arthropoda // Acoustic Behaviour of Animals / Ed. Busnel R.-G. Amsterdam: Elsevier. P. 583–684.
- Dumortier B., 1963d. Morphology of sound emission apparatus in Arthropoda // Acoustic Behaviour of Animals / Ed. Busnel R.-G. Amsterdam: Elsevier. P. 346–373.
- Eastern Bird Banding Association, 1956. Two interesting meetings // EBBA News. V. 19. № 2. P. 16–17.
- Frings H., 1954. Controlling pest birds with sound // Proc. 30 Nat. Shad. Tree Conf. USA. University Park: Penn. State Univ. P. 108–112.
- Frings H., 1963. Introduction // Acoustic Behaviour of Animals / Ed. Busnel R.-G. Amsterdam: Elsevier. 933 p.
- Frings H., Frings M., Jumber J., Busnel R.-G., Giban J., Gramet Ph., 1958. Reaction of American and French species of *Corvus* and *Larus* to recorded communication signals tested reciprocally // Ecology. V. 39. № 1. P. 126–131.
- Giban J., 1962. Moyens de protection contre les espèces d'oiseaux commettant des dégâts en agriculture. Paris: INRA. 258 p.
- Giban J., 1965. Le comportement réactionnel des Laridés et Corvidés aux signaux de détresse // Le Problème des Oiseaux sur les Aérodromes. Colloque tenu à Nice les 25, 26 et 27 novembre 1963 / Eds Busnel R.-G., Giban J. Paris: I.N.R.A. P. 223–232.
- Gramet Ph., 1956. Observations sur le processus d'arrivée et de départ du dortoir chez certains corbeaux // Bull. Soc. Zool. Fr. V. 81. № 2–3. P. 207–217.
- Gramet Ph., 1959. Recherches acoustiques sur les corbeaux // La Nature. № 3286. P. 49–61.
- Gramet Ph., 1962. L'effarouchement acoustique par diffusion de cris de détresse appliquée à la protection des cultures contre les dégâts de corbeaux // Ann. Epiphyt. V. 13. P. 111–117.
- Gramet Ph., 1965a. Le comportement réactionnel des laridés à l'audition de signaux de détresse diffusés par haut-parleur // Angew. Ornithol. V. 2. № 2. P. 53–59.
- Gramet Ph., 1965b. Études expérimentales sur l'interspécificité des signaux acoustiques de divers Laridae et Corvidés // Le Problème des Oiseaux sur les Aérodromes. Colloque tenu à Nice les 25, 26 et 27 novembre 1963 / Eds Busnel R.-G., Giban J. Paris: I.N.R.A. P. 259–264.
- Gramet Ph., Hanoteau J., 1965. Le problème de l'accoutumance des Corvidés et Laridés aux signaux de détresse // Le Problème des Oiseaux sur les Aérodromes. Collo-

- que tenu à Nice les 25, 26 et 27 novembre 1963 / Eds Busnel R.-G., Giban J. Paris: I.N.R.A. P. 267–272.
- Legoux J.-P.* (ed.), 1979. Les récepteurs cochléaires, structure et fonctionnement. Paris: GALF et Collège de France. 224 p.
- Legoux J.-P., Kayser D.*, 1965. Étude électrophysiologique des afférences auditives chez le cobaye // C. R. Soc. Biol. V. 159. P. 1324–1327.
- Legoux J.-P., Wisner A.*, 1955. Rôle fonctionnel des bulles tympaniques géantes de certains rongeurs (*Meriones*) // Acustica. V. 5. № 4. P. 208–216.
- Legoux J.-P., Petter F., Wisner A.*, 1954. Étude de l'audition chez des mammifères à bulles tympaniques hypertrophiées // Mammalia. V. 18. P. 262–271.
- Petter F.*, 1953. Remarques sur la signification des bulles tympaniques chez les mammifères // C. R. Hebd. Séances Acad. Sci. V. 237. P. 848–849.
- Zhinkin N.I.*, 1963. An application of the theory of algorithms to the study of animal speech: methods of vocal intercommunication between monkeys // Acoustic Behaviour of Animals. Amsterdam: Elsevier. P. 132–182.
- Zhinkin N.I.*, 1968. Mechanisms of Speech. Hague; Paris: Mouton: Mouton De Gruyter. 462 p.

Influence of the French scientific school on the development of bioacoustics in the Soviet Union (60–70s of the last century)

A. A. Nikol'skii*

*Vavilov Institute for the History of Science and Technology, RAS
Baltiyskaya, 14, Moscow, 135215 Russia*

**e-mail: bobak@list.ru*

The influence of the French scientific school on the development of bioacoustics in the Soviet Union in the 1960–70s is discussed. The main influence on the development of Soviet bioacoustics was provided by the Laboratory of Physiological Acoustics at the National Institute for Agricultural Research of France, created and directed by René-Guy Busnel. Soviet bioacoustics adopted the research experience of France in three main areas: 1) acoustic orientation and signaling of insects; 2) theory and practice of acoustic repellents in agriculture and aviation; 3) sonar systems, acoustic communication and orientation of marine mammals, echolocation. The main research centers in the Soviet Union are listed and the role of Soviet scientists in the development of various areas of bioacoustics in the Soviet Union is considered.