

ДОЛГОЖИТЕЛЬ И РЫЦАРЬ НАУКИ. К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ Б. И. ХОДОРОВА

© 2022 г. П. Д. Брежестовский^{a, b, *}

^a*Institut de Neurosciences des Systèmes, Aix-Marseille University, INSERM, INS, Marseille, 13005 France*

^b*Институт нейронаук, Казанский государственный медицинский университет, Казань, 420111 Россия*

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

DOI: 10.31857/S023347552204003X



17 января 2022 года исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося нейрофизиолога и педагога Бориса Израилевича Ходорова.

Из официального списка: заслуженный деятель науки РФ, почетный член Академии естественных наук, лауреат Государственной премии, доктор медицинских наук, профессор, один из создателей отечественной школы исследований в биофизике мембран и нейрофизиологии, автор более 200 статей, 4 монографий и учебника по физиологии. А также — ветеран Великой Отечественной войны, был дважды контужен, награжден орденами Красной звезды и Отечественной войны и медалями “За освобождение Варшавы”, “За взятие Берлина”, “За победу над Германией”.

А если неофициально — это удивительный человек, редчайший представитель рыцарей и долгожителей науки, в котором соединились воедино страсть разгадывать неизведанное, творческий талант экспериментатора и идеолога, умение решать сложнейшие задачи и излагать знания в статьях, обзорах и книгах. По его монографиям и учебникам училось несколько поколений биофизиков, физиологов и нейробиологов. Его экспериментальные и обзорные работы получили международное признание, вошли в мировую сокровищницу знаний. В книге Бертилла Хилле “Ионные каналы биологических мембран” [1], с самым фундаментальным изложением проблем в этой области, Б.И. Ходоров является одним из самых цитируемых авторов и самым цитируемым из российских ученых.

Биография Б.И. Ходорова — история прошедшего войну человека, которого судьба не баловала и в мирное время. Это история талантливого ученого, разностороннего, ищущего, сделавшего важный вклад в исследование возбудимых мембран, молекулярно-клеточных основ нейротоксичности, в биофизику и физиологию нервной системы.

Б.И. Ходоров родился в 1922 г. в Крыму, в городе Керчь. Его воспитанием первые годы много занималась бабушка. Она была предпоследним, 18-м ребенком в многодетной семье “крымчаев” — так звали тогда коренных жителей Крыма. Бабушка гуляла с маленьким Борей по паркам города, водила по музеям, на концерты, рассказывала о многих исторических событиях. Дома она развешивала картинки разных стран, и они вдвоем, переходя от картинки к картинке, путешествовали по всему земному шару. Борис рос озорным, сверхбыстро мыслящим мальчишкой, увлекающимся шахматами и интересующимся всем неизведанным.

В 1934 году семья переехала в Севастополь. Благодаря замечательным школьным преподава-

телям этот период детского образования был особенно интенсивным и увлекательным. Кроме уроков были кружки, интересные вечера. В письмах Борис Израилевич вспоминал: “На литературном кружке мы читали Софокла, Эмпедокла и другие литературные шедевры: трагедии и драмы Эсхила, Эврипида и других древнегреческих драматургов и писателей. По вечерам устраивали музыкальные концерты, где играли на рояле произведения Моцарта, Бетховена и рассказывали о жизни этих композиторов.”

Его воспоминания переплетаются веселыми историями из школьной жизни. “Математику нам преподавала Маргарита Михайловна Меньшилова. Это была женщина невысокого роста, с седыми волосами, отличалась строгим выражением лица и большой требовательностью. Мы ее звали “Маргоша”. На одном из уроков математики случилась смешная история. В этот день я был дежурным по классу. С моим товарищем, Сережей Джанджанияном, мы сидели в первом ряду, но далеко от доски, на которой Маргоша цветными мелками излагала тригонометрическую теорему. Мы же с Сережей были увлечены шахматами, играли “вслепую”, без шахматной доски, передавая друг другу ходы на листике бумаги. Маргоша заметила, что мы заняты чем-то далеким от ее темы, и громким голосом вызвала меня к доске. Услышав “Ходоров, к доске!” и вспомнив, что я дежурный по классу, я стремительно подбежал к доске, и мокрой тряпкой стер все! Класс застыл... Но тут раздался спасительный звонок — перемена.”

В школьные годы, особенно после переезда в Севастополь, Борис страстно увлекался шахматами. Дома у него было три комплекта шахматных фигур, и в свободное от школьных занятий время Борис занимался изучением теории шахматной игры, решал шахматные задачи, а также разыгрывал партии великих шахматистов, особенно блестящие партии Алёхина из его книги “Мои 100 лучших партий”. В результате в одном из турниров он стал чемпионом г. Севастополя. Щуплый мальчишка любил играть в севастопольском парке, где в сеансах одновременной игры на 20–30 досках обыгрывал многих “взрослых дядей”. Страсть к шахматам осталась на всю жизнь. Он рассказывал, что в “копилке” его шахматных достижений есть ничья с чемпионом мира по шахматам Михаилом Талем.

В школьный период Борис изучал также иностранные языки (немецкий, французский). Но самое большое влияние оказал преподаватель физики, благодаря которому у юноши проявился интерес к электрическим процессам в клетках биологических организмов. Борис вспоминал: “В один прекрасный день преподаватель пришел на урок и предложил нам написать сочинение по физике на одну из самостоятельно выбранных

тем — например, о Фарадее, Вольте или Гальвани, открывшем животное электричество. Это предложение меня очень заинтересовало — тем более, что он сказал, что в последних журналах “Пионер” опубликованы статьи о спорах Гальвани и Вольты о том, существуют ли у животных электрические явления. Как известно, этот спор в течение многих лет велся в письмах, посылаемых друг другу Гальвани и Вольты (тогда не было научных журналов). В итоге этот спор завершился двумя открытиями. Гальвани обнаружил, что в нервах и мышцах при их возбуждении действительно возникают электрические токи, а Вольт доказал, что при опускании разнородных металлов в соляной раствор возникает разность потенциалов между ними. Таким образом, он изобрел первую электрическую батарейку.

Популярных статей, описывающих работы Гальвани и Вольты, я так и не прочитал, но в книжных магазинах Севастополя нашел книгу о переписке Гальвани и Вольты с блестящей статьей Лебединского, посвященной истории открытий, связанных с проблемами электрофизиологии. В 9-м и 10-м классе я усиленно занимался чтением различных статей, посвященных проблеме “животного электричества”, и даже написал многостраничный очерк по истории основных открытий в этой области, рассчитанный на такого читателя, как школьник старших классов. Это сочинение определило основное направление моих дальнейших исследований в области физиологии нервной клетки.”

Окончив с отличием среднюю школу в 1939 г., Борис Ходоров поступил в Харьковский Мединститут, где с первого курса начал заниматься экспериментами на кафедре нормальной физиологии под руководством доцента Виктора Михайловича Василевского. Когда началась война, их курс был эвакуирован в Среднюю Азию, где Борис продолжал учебу и занятия физиологией в Ташкентском медицинском институте. Здесь он вел “Ташкентский дневник”, в котором излагал в виде небольших очерков мысли, наблюдения, гипотезы. Этот дневник сохранился. Борис Израилевич показывал его нам. Поражает качество и строгость изложения мыслей молодого студента: очень мало исправлений и помарок, словно записывались выученные наизусть стихи или фразы.

Первой изложена работа “Гипотеза действия и взаимодействия нервных медиаторов в скелетной мышце и на сердце”, которая предваряется посвящением Виктору Михайловичу Василевскому, в благодарность за руководство и наставления в проведении первых студенческих опытов. Эти ранние записи “Ташкентского дневника” стали фундаментом его будущих экспериментальных исследований, статей, обзоров и книг.

В августе 1944 г. Борис Ходоров окончил с отличием Мединститут и был мобилизован в ряды

Красной Армии. После трехмесячных курсов военных врачей военкомат направил Б.И. Ходорова под Минск, на должность старшего врача в гаубичный артиллерийский полк 1-го Белорусского фронта. На плечи малоопытного эскулапа свалилась забота о 1000 солдат и офицеров, которым нужно было обеспечить здоровье и благополучие. В составе этого полка молодой военный врач прошел до реки Эльбы, где и встретил день Победы. Вот как он вспоминал это событие: “Находясь на берегу Эльбы, отделявшей нас от американских соединений, мы только утром 9 мая узнали о том, что закончилась война. Дело было так: обычно утром, в 8 утра полк выходил на построение, на котором командование сообщало о плане действий на этот день и о происшествии за ночь. Но 9 мая команды на построение ни в 8, ни в 9 утра не было, и мы недоумевали, что это значит. Мы понимали, что конец войны близок, но рядом с нами были американцы, и в разгоряченные головы некоторых наших офицеров приходили мысли о том, что нужно теперь открыть огонь по американцам, чтобы не уступать им завоеванную немецкую землю. Но вот, наконец, около 11 часов утра нас всех собрали, и командир полка Ашихмин сообщил нам, что война закончена, немцы подписали безоговорочную капитуляцию.

Удивительное дело, все мы, так долго ждавшие этой минуты, не могли почувствовать торжественность происшедшего. Несколько офицеров открыли коньяк, выпили и не знали, что им говорить, открывалась новая жизнь, которая казалась совершенно неожиданной для каждого из нас...”



Б.И. Ходоров, 1945 год, Германия

После окончания войны полк, в котором служил Б.И. Ходоров, был еще на год оставлен в Германии, в составе Советских оккупационных войск. Только в 1946 году части были возвращены на Родину, и молодой военный врач оказался в Москве. Однако мечты о том, что сразу после возвращения его демобилизуют и он получит долгожданную возможность продолжения начатой в студенческие годы научной работы, оказались напрасными: к этому времени по всей армии был издан приказ о том, что всеобщая демобилизация закончена.

По воспоминаниям Б.И. Ходорова, освобождение пришло совершенно неожиданным образом: “В то время у меня было достаточно времени чтобы посещать центральную медицинскую библиотеку, расположенную поблизости от нашего местожительства, — в районе площади Восстания. Там мне разрешили пользоваться залами иностранной литературы, где я наслаждался возможностью просматривать новейшие международные журналы, которые в те времена рекой лились в нашу страну из Америки и Европы. В одном из журналов я наткнулся на статью, основным автором которой был профессор Е.Б. Бабский. В этой статье мне что-то не понравилось и мне очень хотелось высказать ему свои возражения. Но где его искать?

И тут неожиданно я узнал, что в соседнем с нашим общежитием доме расположен институт кураторологии, в котором профессор Бабский руководит большой физиологической лабораторией. На следующий же день я направился на поиски указанной лаборатории, разыскал ее и обратился к одному из работников лаборатории с просьбой выяснить: не сможет ли Бабский меня принять. По-видимому, я был первым военным гостем этой лаборатории, поэтому меня любезно препроводили в кабинет профессора Бабского. Меня встретил энергичный, сравнительно молодой мужчина, с интересом разглядывающий первого в истории лаборатории военного врача. На вопрос, чем он может быть мне полезен, я сказал, что в медицинской библиотеке прочитал его статью и хотел бы рассказать ему, почему не согласен со сделанным там основным выводом (речь шла о роли ацетилхолина в механизме нервного проведения). Он страшно удивился тому, что только что вернувшийся с войны молодой человек мог вступать с ним в спор, а еще больше удивился, когда выяснил, что я изучал основы физиологии, читая его учебник “Физиология человека” и руководство Гайтона, которое, как оказалось, послужило основой для создания этого русского учебника. Он мне сказал, что он убежден в том, что ни один русский физиолог это руководство Гайтона не только не читал, но и даже не видел!”

В результате молодой военный врач настолько заинтересовал Е.Б. Бабского, что он написал министру высшего образования ходатайство об освобождении Б.И. Ходорова от военной службы, которое поддержал академик Я.О. Парин. Ходатайство было удовлетворено. Началась новая жизнь: Б.И. Ходоров стал сотрудником лаборатории физиологии и начал эксперименты, которые предложил ему Е.Б. Бабский. Вдохновенная экспериментальная работа привела к неожиданному результату: Б.И. Ходоров получил данные, противоположные тем, которые предполагал Бабский и опровергающие концепцию шефа. После многочасовых разговоров и споров Бабский предложил страстному и непокорному исследователю вести работу без его непосредственного руководства. В результате Б.И. Ходоров самостоятельно завершил этот цикл исследований и блестяще защитил в 1949 году кандидатскую диссертацию. Его первые работы по электротону и аккомодации, а также изучению внутреннего торможения условных рефлексов были опубликованы без соавторов [2–5]. Это редчайший случай для начинающего ученого-экспериментатора.

Однако начавшаяся хорошо складываться послевоенная жизнь не баловала талантливого исследователя и преподносила ему неожиданные сюрпризы. В марте 1953 г. во многих научных учреждениях страны внезапно была произведена “реорганизация кадров”, связанная с так называемым “делом врачей”. В результате, в компании двух десятков других научных сотрудников еврейской национальности Б.И. Ходоров был уволен из Института биологической химии и долго не мог в Москве устроиться на работу по специальности.

В связи с этим увольнением Б.И. Ходоров вспоминал смешной эпизод. Освобождая комнату от оборудования, озорной исследователь нарисовал большую рамку на стене, возле которой стояла его экспериментальная установка. Внутри рамки он написал: “Для мемориальной доски Б.И. Ходорова”. Когда через несколько месяцев, после ремонта пришли принимать комнату, то обнаружили, что мастера аккуратно покрасили все стены, оставив нетронутой рамку с Ходоровской надписью...

Несколько лет Б.И. Ходоров проработал в НИИ протезирования и протезостроения, а также Институте кураторологии, и только в 1957 г. он был избран на должность старшего научного сотрудника в НИИ хирургии им А.В. Вишневского АМН СССР, где создал лабораторию биофизических исследований — пионерского направления той эпохи.

НИИ хирургии им А.В. Вишневского в шутку называли “Институт Отца, Сына и Новокаина”, поскольку его основал А.В. Вишневский (1874–

1948), а директором в то время был его сын А.А. Вишневский (1906–1975); они разработали учение о лечебном действии новокаина при ряде патологических процессов. Новокаин в те годы применяли не только при малых локальных, но и при полостных операциях и даже операциях на сердце.

Вишневский-сын отличался смелым отношением к новым начинаниям и удивительным для хирурга благожелательным отношением к фундаментальной науке. Благодаря его поддержке Б.И. Ходоров получил возможность организовать лабораторию, в которой начались интенсивные исследования по выяснению механизма действия новокаина на клеточном уровне. В 1959 г. в соавторстве с А.А. Вишневым выходит его работа “О физиологическом механизме прямого действия новокаина на нерв” [6]. Эта работа положила начало ряду пионерских работ, получивших мировое признание. Здесь проявились таланты Б.И. Ходорова как организатора, идеолога и научного стратега. Вместе с учениками и коллегами он создал высококачественные электрофизиологические установки для регистрации электрических сигналов в перехватах Ранвье изолированных нервных волокон. На этом объекте изучали влияние различных анестетиков и других веществ на генерацию потенциалов действия. Параллельно использовались математические модели, прежде всего модель Ходжкина–Хаксли, для выяснения того, путем какой вариации параметров активации и инактивации можно симулировать наблюдаемые в экспериментах изменения локальных токов и мембранных потенциалов действия.

Были разработаны другие оригинальные экспериментальные модели, позволившие сделать ряд открытий по расшифровке механизмов действия нейротоксинов и местных анестетиков на возбудимость ионных каналов [7, 8]. Эти работы являлись важными кирпичиками знаний о механизмах функционирования ионных каналов. Они вошли в учебники, книги и руководства по биофизике и физиологии нервной системы. Б.И. Ходоров их суммировал в монографиях “Проблема возбудимости” (1969) и “Общая физиология возбудимых мембран” (1975), а также в ряде обзоров на английском языке [9–12].

Многие идеи и результаты исследований были далеко впереди эпохи. Например, еще в 1969 году, когда представления об аминокислотной и структурной организации ионных каналов были неизвестны, Б.И. Ходоров и соавторы предложили молекулярный механизм действия местных анестетиков на натриевые каналы, правильность которого была напрямую подтверждена американскими учеными только почти через 50 лет, после получения в 2011 г. кристаллической структуры натриевого канала.

На этом необходимо остановиться подробнее. В 2011 и 2012 годах из лаборатории Б. Каттерала (США) вышли работы, описывающие кристаллическую структуру потенциал-управляемого натриевого канала из бактерии *Arcobacter butzleri*. Структура, полученная с разрешением 2.7 Å, позволила выяснить многие свойства в архитектуре натриевого канала. Были получены размеры фильтра селективности, определены структуры, обеспечивающие конформационные изменения, приводящие к открыванию ионной поры [13, 14].

Кроме того, в кристаллической структуре канала были обнаружены отверстия (фенестрации) в боковых стенках пор. Эти фенестрации образуются в участках соединения субъединиц, формирующих функциональный бактериальный канал, и обеспечивают гидрофобный путь лекарственных препаратов от липидной фазы мембраны к участку ион-проводящей поры [13–15].

Аналогичные фенестрации обнаружены недавно в натриевом канале $\text{Na}_v1.5$, который обеспечивает генерацию потенциалов действия сердечных мышц млекопитающих [16–18]. Эти отверстия в боковых стенках пор наблюдаются в структурах натриевых каналов других типов эукариотических клеток и обеспечивают гидрофобный путь от липидной фазы мембраны к поре ионного канала [19–21]. Отверстия достаточно велики, чтобы пропускать лидокаин, другие местные анестетики и антиаритмические препараты.

Таким образом, предположения, высказанные в ранних работах Б.И. Ходорова, получили убедительные подтверждения и доказательства спустя полвека.

В эпоху, когда представления об организации ионных каналов были гипотетическими, в монографии “Проблема возбудимости” (1969) [22] Б.И. Ходоров не только ставил важные вопросы о том, каким образом осуществляется ионная избирательность в каналах и как потенциал активирует канал, но и предлагал ответы, требующие экспериментальных проверок. Эта книга имела большой резонанс в Советском Союзе, стимулировала многих ученых на исследование модели Ходжкина–Хаксли и проблем, связанных с генерацией потенциалов действия и передачи электрических сигналов в нервной системе.

Однако через 30 лет успешной работы в НИИ хирургии им А.В. Вишневского АМН СССР Б.И. Ходорова ждало новое испытание. В разгар перестройки, в 1988 г. пришло новое руководство, которое успешно разваливало фундаментальную науку. Было принято решение закрыть лабораторию биофизических исследований как не соответствующую профилю работы Института. Вклад Б.И. Ходорова в фундаментальную науку был забыт (или, вероятнее всего, даже не осознан). Большинство сотрудников перевели в

другие отделы, часть оборудования забрали. Б.И. Ходоров с несколькими ближайшими учениками (Ю. Зильбертер, С. Соколова, Л. Мотин, А. Папин) и остатками оборудования перешел в НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН.

Начался очень трудный этап научной деятельности, когда в уже солидном (пенсионном) возрасте организацию новой лаборатории нужно было начинать почти с нуля. Время было очень тяжелое для всей страны и особенно для науки. Сергей Ревенко, один из учеников Б.И. Ходорова, вспоминает: “В моей памяти остался такой эпизод. Примерно в 1992 году мы вдвоем с БИ (Борисом Израилевичем) шли зимой по Москве на семинар в Институт мозга. Была омерзительная погода с мокрым снегом и ветром. БИ плохо переносил холод, он был одет в тяжелое зимнее пальто. Ему было физически нелегко идти. Мы молчали. Ветер дул в лицо, настроение у меня было мрачное — я мучился проблемой, как одеть и накормить своих детей. И в тот момент у меня сверкнула мысль — вот идет человек, который в свои 70 лет готов с нуля и в условиях разрухи начать новое направление в науке. Эта задача тяжелее, чем организация его лаборатории биофизики в 60-е годы, но он за нее берется! Откуда такая сила духа? До меня дошло — это идет фронтовик-победитель, у него иные масштабы понимания проблем и трудностей.”

Для работы в новом Институте необходимо было кардинально сменить экспериментальные модели и задачи исследований. Директор Института патофизиологии Г.Н. Крыжановский с большим уважением относился к Б.И. Ходорову и его вкладу в науку. Он предоставил новому сотруднику свободу в выборе тематики. У Б.И. Ходорова зародился интерес к проблеме гибели нейронов. Окончательно идея нового направления — патофизиология нейронов головного мозга — сформировалась в ходе поездки в США с Г.Н. Крыжановским.

Были созданы установки для регистрации ионных токов с помощью метода пэтч-кламп. Основным экспериментальным материалом стали нейроны мозга, в частности гиппокампа. Официально коллектив работал несколько лет как группа, а в 2001 году новым директором Института академиком А.А. Кубатиевым была создана лаборатория “Патологии ионного транспорта и внутриклеточной сигнализации”.

В результате Б.И. Ходоров с сотрудниками создал новое для науки в России направление по исследованию молекулярно-клеточных основ нейротоксичности. Пионерские работы по изучению нарушения кальциевого гомеостаза нейронов мозга при гиперстимуляции глутаматных рецепторов, а также выяснению роли митохондрий в

нейротоксичности клеток мозга [23–26] получили широкое международное признание.



85-летний юбилей Б.И. Ходорова, 2007 год.
Слева направо: А.А. Болдырев, Б.И. Ходоров,
Г.Н. Крыжановский и А.А. Кубатиев

Страсть к неизведанному Б.И. Ходоров умел распространять и на окружающих, привлекая активно и плодотворно работающих ученых. Таким образом установилось долголетнее сотрудничество с профессором В.Г. Пинелисом, который вспоминает: “Я встретился с Борисом Израилевичем в 1988 году, когда он еще работал в Институте хирургии. Он сразил меня сногшибательным предложением заниматься внутриклеточной сигнализацией в нейронах мозга, опираясь на первые данные, полученные в лаборатории проф. И.В. Викторова в НИИ мозга АМН. Эта встреча кардинально изменила программу исследований нашей лаборатории мембранологии Научного центра здоровья детей АМН. И вот уже более 20 лет вместе с Борисом Израилевичем мы занимаемся механизмами глутаматной нейротоксичности. За это время во многом впервые получен ряд основополагающих результатов, которые широко цитируют ученые ведущих лабораторий мира. В частности, была установлена важная роль натрий-кальциевого обмена в нарушениях кальциевого гомеостаза при токсическом действии глутамата, показано, что в фазе высокого внутриклеточного кальция происходит разобщение окислительного фосфорилирования вследствие

увеличения проводимости митохондриальной мембраны и др.”

Получение этих знаний давалось непросто и Борису Израилевичу, и особенно его сотрудникам. Вряд ли найдется хоть один соавтор Б.И. Ходорова, с которым бы не произошел спор относительно интерпретации экспериментальных результатов. И самое удивительное, что в подавляющем большинстве случаев он был прав. Вот как пишет об этом многолетний сотрудник Б.И. Ходорова, д.б.н. А. Сурин: “Часто возникало чувство досады от того, что БИ всегда лучше меня помнил полученные мною же результаты. И это несмотря на то, что обсуждали план эксперимента мы всегда вместе, но я, сверх того, выполнял эксперимент, обсчитывал, делал графики, писал черновой текст. Депрессия от собственной неполноценности частично компенсировалась восхищением интеллектуальной мощностью мозга БИ. Только через много лет совместной работы я понял, что БИ всегда готовился к нашим встречам и обсуждениям результатов и предварительно просматривал материал. Я и теперь восхищаюсь тем, что БИ не загубил, как многие, а в полной мере развил Божий дар — свой мозг. Огромное уважение вызывает и его отношение к работе: тщательная подготовка к беседе с любым из сотрудников. Даже если подводило здоровье и плохо работающие органы отвлекали мозг от самого интересного — от думанья. Порой мне казалось, что для БИ обсуждение проблемы и проверка рабочей гипотезы — это решение красивой шахматной задачи.”

В своих критических суждениях он мог быть жестким, саркастичным, а также снисходительным, но в этой снисходительности была беспощадность. Бывшая студентка Б.И. Ходорова Уна Дрифф вспоминает: “В один из зимних вечеров я должна была прийти к БИ с отчетом о проделанных опытах. Как обычно, он проводил меня на кухню. В моем распоряжении было сразу два холодильника. Он налил мне чая, посидел со мной и сказал: “Хатуночка, ты тут не торопись, поешь, а я пойду, прочитаю, что ты принесла”. Я сидела на кухне и наслаждалась бутербродом с икрой, когда услышала часто употребляемые, но непечатаемые слова. Такие эмоции вызвали у него ошибки в моем тексте. Бросив свой бутерброд, прибежала к нему в кабинет и с удивлением спросила: “Борис Израилевич, вы можете и так изъясняться?” В ответ услышала: “Деточка, а ты думаешь, что в Академии наук говорят только языком Пушкина?!”

Благодаря редкому таланту общения и умения привлекать к себе интересных, творческих людей, Б.И. Ходоров сформировал целую плеяду ученых, плодотворно работающих в ведущих научных центрах России и разных стран мира. Он автор четырех монографий, а также учебника

“Физиология человека” (в соавторстве с Е.Б. Бабским и Г.И. Косицким).

По инициативе Э. Хаксли книга Б.И. Ходорова “Проблема возбудимости” была переведена на английский язык. Кроме того, опубликованы десятки обзоров и сотни статей. Последняя глава в книгу “Horizons in Neuroscience Research” написана в конце 2013 года, на 92-м году жизни. Работа поражает ясностью изложения, обилием обсуждаемого экспериментального материала и четкостью заключений [27].

Невозможно обойти вниманием еще одно качество Б.И. Ходорова: его видение окружающего мира и событий через призму юмора. Он рассказывал невероятно интересные истории, анекдоты, байки. Известно много его острых эпиграмм на коллег и знакомых и веселых розыгрышей.

Чувство юмора никогда не покидало Бориса Израйлевича. В честь его 85-летнего юбилея была конференция, создали фильм и был, конечно, тематический номер “Биологических мембран”. Один из юбилейных выпусков Б.И. Ходоров подарил автору этих строк с надписью: “Петя, как можно дольше вспоминайте меня здесь, а я уж позабочусь о доброй встрече в хорошей компании там! Ваш Б.И. 14.06.07”.

Дорогой Борис Израйлевич! Мы помним, вспоминаем, преклоняемся.

Поддержано грантом РФФИ, 18-15-00313. В статье использованы материалы, опубликованные ранее в газете “Троицкий вариант” 26.08.2014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hille B. 1984. *Ionic channels of excitable membranes*. Sunderland, Mass.: Sinauer. 427 p.
2. Ходоров Б.И. 1950. Электротон и аккомодация. *Усп. соврем. биол.* **29** (3), 329–359.
3. Ходоров Б.И. 1954. Влияние условного рефлекса на размеры безусловных оборонительных рефлексов у собак. *Журн. высшей нервной деятельности им. Павлова.* **4** (6), 52–61.
4. Ходоров Б.И. Влияние условного раздражителя во время его применения на основе безусловного рефлекса. *Журн. высшей нервной деятельности им. Павлова.* **4** (6), 61–69.
5. Ходоров Б.И. 1955. Модификация условного рефлекса следуя сходству с безусловным рефлексом. *Журн. высшей нервной деятельности им. Павлова.* **5** (2), 262–270.
6. Вишневский А.А., Ходоров Б.И. 1959. О физиологическом механизме прямого действия новокаина на нерв. *Эксп. хирургия.* **4**, 3–10.
7. Ходоров Б.И., Беляев В.И. 1965. Изучение механизма действия новокаина на электрическую активность перехвата Ранвье. *Биофизика.* **10**, 625–633.
8. Khodorov B.I., Belyaev V.I. 1966. Effect of Novocain on electrical activity of single nodes of Ranvier. *Federation proceedings. Translation supplement; selected translations from medical-related science.* **25** (3), 447–451.
9. Khodorov B.I., Timin E.N. 1975. Nerve impulse propagation along nonuniform fibres. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **30** (2–3), 145–184.
10. Khodorov B.I. 1981. Sodium inactivation and drug-induced immobilization of the gating charge in nerve membrane. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **37** (2), 49–89.
11. Khodorov B.I. 1985. Batrachotoxin as a tool to study voltage-sensitive sodium channels of excitable membranes. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **45** (2), 57–148.
12. Khodorov B.I. 1991. Role of inactivation in local anesthetic action. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **625**, 224–248.
13. Payandeh J., Scheuer T., Zheng N., Catterall W.A. 2011. The crystal structure of a voltage-gated sodium channel. *Nature*, **475** (7356), 353–358.
14. Payandeh J., Gamal El-Din T.M., Scheuer T., Zheng N., Catterall W.A. 2012. Crystal structure of a voltage-gated sodium channel in two potentially inactivated states. *Nature*. **486** (7401) 135–139.
15. Catterall W.A., Wisedchaisri G., Zheng N. 2020. The conformational cycle of a prototypical voltage-gated sodium channel. *Nature Chem. Biol.* **16** (12), 1314–1320.
16. Jiang D., Shi H., Tonggu L., Gamal El-Din T.M., Lenaues M.J., Zhao Y., Yoshioka C., Zheng N., Catterall W.A. 2020. Structure of the cardiac sodium channel. *Cell*. **180** (1), 122–134.
17. Jiang D., Banh R., Gamal El-Din T.M., Tonggu L., Lenaues M.J., Pomès R., Zheng N., Catterall W.A. 2021. Open-state structure and pore gating mechanism of the cardiac sodium channel. *Cell*. **184** (20), 5151–5162.
18. Catterall W.A., Lenaues M.J., Gamal El-Din T.M. 2020. Structure and pharmacology of voltage-gated sodium and calcium channels. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* **60**, 133–154.
19. Shen H., Zhou Q., Pan X., Li Z., Wu J., Yan N. 2017. Structure of a eukaryotic voltage-gated sodium channel at near-atomic resolution. *Science*. **335** (6328), eaal4326.
20. Yan Z., Zhou Q., Wang L., Wu J., Zhao Y., Huang G., Peng W., Shen H., Lei J., Yan N. 2017. Structure of the Nav1.4-β1 complex from electric Eel. *Cell*. **170**, 470–482.e11.
21. Pan X., Li Z., Zhou Q., Shen H., Wu K., Huang X., Chen J., Zhang J., Zhu X., Lei J., Xiong W., Gong H., Xiao B., Yan N. 2018. Structure of the human voltage-gated sodium channel Nav1.4 in complex with β1. *Science*. **362** (6412), eaau2486.
22. Ходоров Б.И. 1969. *Проблема возбудимости*. М.: Наука.
23. Vergun O., Keelan J., Khodorov B., Duchon M. 1999. Glutamate-induced mitochondrial depolarization and perturbations of calcium homeostasis in cultured rat hippocampal neurons. *J. Physiol.* **519** (Pt 2), 451–466.

24. Khodorov B. 2004. Glutamate-induced deregulation of calcium homeostasis and mitochondrial dysfunction in mammalian central neurones. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **86** (2), 279–351.
25. Khodorov B.I., Storozhevych T.P., Surin A.M., Yuryavichyus A.I., Sorokina E.G., Borodin A.V., Vinskaya N.P., Khaspekov L.G., Pinelis V.G. 2002. The leading role of mitochondrial depolarization in the mechanism of glutamate-induced disruptions in Ca^{2+} homeostasis. *Neurosci. Behav. Physiol.* **32** (5), 541–547.
26. Surin A.M., Gorbacheva L.R., Savinkova I.G., Sharipov R.R., Khodorov B.I., Pinelis V.G. 2014. Study on ATP concentration changes in cytosol of individual cultured neurons during glutamate-induced deregulation of calcium homeostasis. *Biochemistry (Mosc.)* **79** (2), 146–157.
27. Khodorov B.I. 2014. Fundamental mechanisms of glutamate neurotoxicity: Role of mitochondrial pores. In: *Horizons in Neuroscience Research*. **14**, chapter 4, p. 113–133.