

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

**Г. Э. Фельдман, С. Н. Ефунн,
Г. И. Куренков, В. Б. Малкин,
Л. М. Сабурова, Б. А. Старостин**

ПОЛЬ БЕР

1833—1886



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1979

П53 Поль Бер (1833—1886). М.: Наука, 1979, 288 с.

Предлагаемая читателю книга — первая в мировой литературе научная биография Поля Бера, написанная коллективом авторов. Разносторонне одаренный ученый-естествоиспытатель, Поль Бер создал новое направление в физиологии — учение о приспособлении животных и человека к изменяющимся условиям пониженного и повышенного давления газовой среды. Его классический труд «Барометрическое давление» (1878) лег в основу развития подводно-водолазного дела и авиакосмической медицины. В книге рассмотрены грани научного творчества П. Бера, отражены его энергичная борьба с католической церковью, его роль в общественной жизни Франции и в популяризации научных знаний.

16.2

Ответственные редакторы

А. Г. ЖИРОНКИН и Е. М. КРЕПС

К читателю

Умению мыслить категориями парциальных давлений в соответствии с простой, но гениальной идеей Поля Бера я обязан французской науке.

Д ж. Б. С. Х о л д е й н

В 1978 г. исполнилось 100 лет со дня издания замечательной монографии французского академика Поля Бера «Барометрическое давление». Этот фундаментальный труд лег в основу современной космической медицины и водолазного дела.

Как это ни странно, до настоящего времени ни на родине ученого — во Франции, ни у нас в стране нет обстоятельной работы, освещающей его научную деятельность. До знакомства с рукописью, подготовленной коллективом авторов — биологов и медиков — и с достаточно полной библиографией научного наследия Поля Бера, я и не подозревал, насколько творчески был плодovit этот бургундец и насколько многогранны его научные интересы.

В книге удачно освещена основная заслуга Поля Бера в развитии прикладной физиологии, проанализирован ход его интересно задуманных опытов, которые легли в основу современных исследований в области высотной и подводной физиологии, показана роль Бера — экспериментатора и исследователя — в становлении науки о трансплантации тканей и органов, рассмотрены его работы в области анестезиологии и, наконец, физиологии растений. Знакомство с книгой раскрывает одну из наиболее сильных сторон научного метода Поля Бера — его

способность решать прикладные задачи на базе глубокого теоретического анализа сущности явлений.

Хочется всячески приветствовать появление книги о деятельности Поля Бера — ученого, ближайшего ученика и продолжателя дела великого Клода Бернара.

Нет сомнений в том, что ее благожелательно встретят биологи самых разных направлений, медики, работа которых связана с космическими и подводными исследованиями, широкие круги читателей, интересующиеся естествознанием в его поступательном движении, историки науки. Не сомневаюсь, что книга о Поле Бере займет достойное место в ряду научно-биографической литературы.

О. Г. Газенко

«Я не удивлюсь,— писал Дж. Б. Холдейн,— если меня вспомнит историк науки в связи с какими-нибудь находками... Войти таким образом в науку, мне думается, гораздо приятнее, чем быть упомянутым по какому-то специальному поводу»¹. Получилось буквально по Холдейну. Работа над его научным наследием вывела нас на Поля Бера (Bert).

Кто такой Поль Бер?

Истории биологии известен Карл Э. Бэр (Baer) — профессор Петербургской медико-хирургической академии и Дерптского университета, классик русской науки XIX в.— эмбриолог, натуралист, географ, путешественник.

Историку общественной мысли Франции последней трети XIX в. знакомо имя Поля Бера-политика, воинствующего безбожника, министра просвещения в правительстве Гамбетты, борца против засилия католической церкви в сфере просвещения, за принятие законопроектов о равноправии женщин в области образования.

Однако мало кому известно, сколь велики заслуги Поля Бера-естествоиспытателя перед наукой.

Случается, что современники и потомки по-разному оценивают достижения отдельных ученых. Иногда признание приходит в расцвете творчества, а в иных случаях — значительно позднее. Последнее, как правило, бывает, если научная теория значительно опережает общий уровень знаний и потребности народнохозяйственного развития общества. В этом случае создатели новых направ-

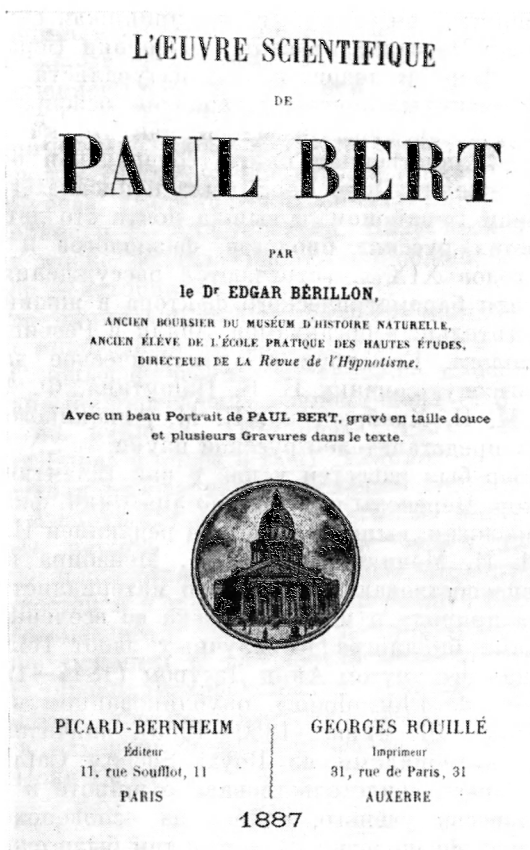
¹ См.: *Фельдман Г. Э.* Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн. М.: Наука, 1976, с. 102.

лений в науке и технике удостоиваются признания с большим опозданием.

Все это целиком можно отнести к Полю Бери — одному из самых широко образованных естествоиспытателей своего времени. Он много и плодотворно работал в разнообразных областях биологической науки как физиолог и морфолог, зоолог и ботаник, систематик и эколог, микробиолог и анестезиолог, палеонтолог и историк науки. Не без основания Бер однажды отозвался о себе: «Ничто, относящееся к живому, мне не чуждо». Действительно, краеугольным камнем всех его исследований был вопрос о взаимодействии организма и окружающей среды во всех их сложных проявлениях. Поля Бери наряду с К. Бернаром, Л. Пастером, М. Бертло можно по праву считать классиком естествознания XIX в., одним из предтеч современной экологической науки.

Разносторонне одаренный самобытный исследователь, создатель нового направления в физиологии — учения о приспособлении животных и человека к изменяющимся условиям пониженных и повышенных давлений газовой среды, Поль Бер явился автором объемного классического труда «Барометрическое давление», опубликованного в 1878 г. и ставшего основой современной авиакосмической медицины и водолазного дела.

Научная и экспериментальная деятельность Бери имеет непреходящее значение. Однако до последнего времени ни на родине ученого, ни в других странах нет ни одной серьезной сводной работы, в которой были бы по достоинству оценены научные достижения Бери и глубокий след, оставленный им в современном естествознании. В научных кругах Франции, связанных с физиологией подводного дела, имя Бери очень почитаемо. И тем не менее широкой общественности он мало известен как ученый и как человек редких энциклопедических знаний. Даже в родном городе Осере его вспоминают лишь как видного общественного деятеля и просветителя. Факт же создания Бером оригинального учения о влиянии барометрического давления на животные и растительные организмы известен лишь специалистам. Призывы отдельных энтузиастов-историков науки и ученых, работающих в области барофизиологии, к пересмотру вопроса о значении трудов Поля Бери для современной науки, так же как попытки переиздать во Франции его фундаменталь-



Титульный лист первой научной биографии Поля Бера

ный труд «Барометрическое давление», пока не привели к успеху.

К сожалению, деятельность Бера-ученого не получила должного отражения и в энциклопедических изданиях дореволюционного периода («Брокгауз и Эфрон», «Гранат», «Просвещение» и пр.). Основное внимание составители этих трудов уделяли обстоятельному изложению общественно-политической деятельности Бера и лишь бегло упоминали, порою простым перечислением, его работы по

естествознанию, тем самым сильно принижая его заслуги как ученого. Несбалансированность оценки Бера-общественника и Бера-исследователя и натуралиста толкнула нас на интенсивные поиски материалов, освещающих его путь в естествознание. Оказалось, как это ни парадоксально, что единственная книга, содержащая обзор научных достижений Поля Бера, была написана его учеником, Эдгаром Берийоном, и вышла почти сто лет назад².

В работах русских биологов, физиологов и медиков 50—70-х годов XIX в. встречаются рассуждения по вопросу о роли барометрического фактора в жизни животных и растительных организмов. Знали в России и Поля Бера-физиолога. Его труд «Барометрическое давление» получил высокую оценку В. В. Пашутина, Ф. И. Шидловского, М. Н. Храбростина, П. М. Альбицкого и многих других представителей русской науки.

Поль Бер был известен у нас и как талантливый популяризатор. Переводы его книг по анатомии, физиологии и общей зоологии, выполненные под редакцией И. Р. Тарханова, И. И. Мечникова и М. А. Мензбира в 1880—1915 гг., способствовали воспитанию материалистического взгляда на природу и место человека во вселенной.

Уже сама библиография научных работ Поля Бера, составленная его другом Анри Дастром (1844—1917) для «Dictionnaire de Physiologie», опубликованном в 1897 г. под редакцией Ш. Рише (1850—1935), значительно дополненная материалами из Royal Society Catalogue of Scientific Papers, свидетельствовала о широте и разнообразии интересов ученого, одного из основоположников экологической физиологии. Вместе с тем было очевидным, что одному исследователю не под силу создать обстоятельную научную биографию такого самобытного человека. Для этого требовалось участие специалистов, работающих в разных областях биологии, что было и сделано при работе над этой книгой.

² *Berillon E.* L'oeuvre scientifique de Paul Bert. Paris, 1887. Э. Берийон (1859—1948) — медик, ученик П. Бера. В 1884 г. защитил диссертацию на тему «Дуализм головного мозга — функциональная независимость двух полушарий». В 1886 г. основал Институт психофизиологии, который впоследствии был преобразован в Институт психологии, и руководил им до 1939 г. Э. Берийон усовершенствовал методы психотерапии.

Так, раздел «Барометрическое давление» написан: В. Б. Малкиным (Влияние пониженного давления газовой среды на живые организмы); Г. И. Куренковым (Влияние повышенного давления газовой среды на живые организмы) и С. Н. Ефуни (Кислородное отравление и лечебное применение кислорода). Автором «Трансплантации органов и тканей у животных организмов» является Л. М. Сабурова, «Ботанических наблюдений и опытов» — А. И. Меркис и Б. А. Старостин. Перу последнего принадлежит также раздел «Работы по общей биологии» и «Полю Бер — историк науки».

Научно-организационная и координационная работа по созданию монографии (план будущей книги, подбор литературы, биографических материалов и иллюстраций, составление библиографии) осуществлена Г. Э. Фельдманом. Он же написал: «Историю книги», «Жизненный путь Поля Бера» и очерк о В. П. Аннине.

Совместная работа над биографией большого ученого сблизила и сдружила авторов, многие из которых в «добровскийкий» период совершенно не знали друг друга. В процессе написания книги пришлось столкнуться с рядом трудностей и в первую очередь решать проблему авторского разностилья. Ответственность, с которой каждый из авторов подошел к разработке нелегкой темы, масштабность проанализированных в процессе работы над книгой материалов позволяет надеяться, что им все же удалось в какой-то степени показать величие научного подвига Поля Бера.

Жизненный путь

Поль Бер родился 19 октября 1833 г. в Осере (Аухеге) — небольшом городке, стоящем на р. Йонне, впадающей в Сену, и расположенном в самом сердце Франции, в департаменте Йонна, на западе исторической области, когда-то известной под названием Бургундии. Поль Бер появился на свет в доме на улице с причудливым названием «улица Падчериц» (Бель-фий). Прежде она называлась «Улицей сырного рынка», а сейчас носит имя Поля Бера.

Среди предков Поля Бера по отцовской линии были коммерсанты. Многие из них принадлежали к провансальцам, известным своим живым темпераментом и неиссякаемым оптимизмом. Коммерсантом был и дед Поля (по отцу). Он занимался преимущественно торговлей скотом и жил в маленьком городе Буи в округе Кон (Ньевр) в Бургундии. У него было несколько сыновей, которые также пошли по коммерческой части — все, кроме Жозефа Бера (1796—1866), отца будущего ученого.

Жозеф Бер (полное имя — Исидор-Мельхиор-Анжелик-Станислас-Жозеф Бер), переселившись в Осер, стал учеником адвоката, а затем и адвокатом. Его контора быстро стала одной из процветающих в городе, в котором он и осел, женившись на Жанне-Генриетте Масси, уроженке Осера. В 1848 г. он стал советником городской префектуры и занимал этот пост до самой смерти. Жозеф Бер был столь активен в общественной жизни города, что про него говорили: он «в большей мере префект, чем сам префект». Будучи убежденным бонапартистом, он нередко вступал в ожесточенные дискуссии со своим сыном — Полем, который очень рано стал проявлять симпатии к республиканскому государственному строю.

Предки Поля по материнской линии также в большинстве своем были провансальцами, но встречались среди них и кельты. Его прадед со стороны матери, Жан-Жак-Симон Буайе, происходивший из состоятельной провансальской семьи, переселился в Осер в 1777 г., женившись на местной жительнице Жанне Лаконш. Ее дед занимал какую-то не очень значительную должность при дворе, а отец ее был директором только что организовавшейся службы дилижансов в Осере. Эта служба сыграла важную роль в демократизации транспорта. Дилижансы, в отличие от карет, оказались доступными всем, причем ходили они по расписанию. Организация их движения, очевидно, была делом ответственным и прогрессивным, предвосхитившим важные социальные черты железных дорог.

По мнению одного из биографов П. Бера¹, у предков последнего уже в XVIII в. проявились задатки, сыгравшие столь важную роль в его судьбе, в частности тяготение к общественной деятельности. Жан-Жак-Симон Буайе за свою честность и основательность пользовался неограниченным доверием своих сограждан, которые поручили ему должность контролера над доходами фабрикантов и владельцев мастерских в осерском приходе Сен-Лу. Эту должность он занимал в 1784—1786 гг. После революции 1789 г. он разбогател, приобретя на 160 тыс. ливров «национального имущества»², — видимо, при распродаже собственности эмигрантов.

П. Бер дорожил памятью своего прадеда. Он был глубоко возмущен, когда в ходе одной из избирательных кампаний, спустя почти сто лет после описанных событий, кто-то пустил слух, будто Жан-Жак-Симон Буайе, предок ярого антиклерикала П. Бера, служил в училище при доминиканском монастыре, где проводил телесные наказания провинившихся учеников, а потом присвоил доверенные ему суммы, принадлежавшие училищу. Сплетня проникла в газету «Ла Бургонь», и в 1880 г. П. Бер возбудил против газеты судебный процесс, в ходе которого было неопровержимо доказано, что все эти выдумки не имеют под собой ни малейшего основания. П. Бер выиграл процесс, а из полученной как возмещение за мораль-

¹ См.: *Ducloz J. L'enfance et la jeunesse de Paul Bert d'après les documents inédits.* — *Bull. Soc. sci. hist. et natur. Yonne*, 1924, p. 7.

² *Ibid.*, p. 2.

ный ущерб суммы учредил премию имени Симона Буайе для ежегодного присуждения наиболее отличившимся ученикам и ученицам осерских школ.

Старшая дочь Симона Буайе, бабушка Поля, Эме-Жюль-Александрина Симон, была очень одаренной женщиной. Известно, что она увлекалась живописью, хорошо рисовала сама. Ее муж шотландец Анри Масси (кельтская линия предков П. Бера) занимал должность сборщика налогов от республиканского правительства. Дочь его, Жанна-Анриетта Масси, мать Поля Бера, уделяла воспитанию своих детей (Жюля и Поля) много внимания. Известно, что она любила домашних животных; возможно, отсюда и берет начало интерес маленького Поля к биологии. Она разбила при доме большой сад, где выращивала различные сорта камелий и других цветов. Поль потерял мать в четырнадцать лет, двумя годами раньше умер от скоротечной формы туберкулеза его единственный брат Жюль.

В 1843 г. после окончания начальной школы Поль продолжил образование в коллеже родного города (ныне коллеж имени Поля Бера). Учеба давалась ему легко. По свидетельству современников, он был любознателен и отличался незаурядными способностями как в области точных, так и гуманитарных наук. Его пребывание в коллеже отмечено несколькими премиями и грамотами. Неиссякаемая энергия, твердый, решительный характер, необыкновенная предприимчивость и общительность Поля снижали ему любовь и уважение сверстников и учителей. В 1852 г., в последний год учебы, Бер завязывает контакты со многими членами общества натуралистов и медицинского общества своего города и активно участвует в работе местного естественноисторического музея.

Отец неодобрительно относится к увлечениям сына естественными науками. Не желая идти ему наперекор, Поль задумал стать инженером. С этой целью после окончания коллежа он уехал в Париж и поступил в коллеж Сен-Бербе, слушатели которого готовились к поступлению в Политехническую школу. Однако эта перспектива не отвечала желаниям отца, да и самого Поля мало привлекала. По настоянию родителей он поступил на юридический факультет Парижского университета. На короткое время Поль углубился в изучение римского права. В 1857 г., несмотря на столкновения со своими наставниками, обви-

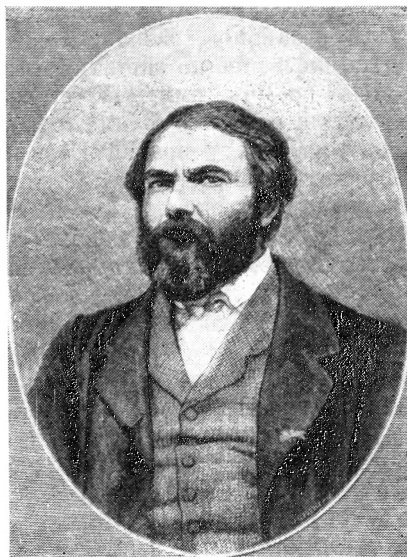
нявшими его в том, что вместо изучения основ права он пускается в критику законов, разочаровавшийся в юриспруденции Бер все же успешно защитил лицензиат (первая ученая степень во Франции) на тему «Брачные договоры во Франции» и получил звание адвоката.

В том же году по совету врачей Бер уезжает в Алжир, чтобы поправить пошатнувшееся после выпускных экзаменов здоровье. Полугодовое путешествие помогло ему не только отдохнуть от нервного переутомления, но и расширить свой кругозор. Возвратившись на родину, Бер поступил секретарем к видному городскому адвокату, но вскоре вновь изменил свои желания и планы. Вопреки настояниям отца, Поль бросил службу адвоката, уехал в Париж и поступил на медицинский факультет Сорбонны.

Однако научные интересы Бера в этот период еще не сформировались. Он занимался медициной без увлеченности и слыл посредственным студентом. К этому периоду относится забавная история с первой самостоятельной операцией Поля. Вспоминая ее, он писал в «Стоматологическом журнале» (1884): «На прием к профессору Мишону, у которого я стажировался вместе с группой студентов, явилась пожилая женщина с одним-единственным зубом, торчащим в нижней челюсти, что явилось причиной большой опухоли на верхней, так как этот резец постоянно травмировал ее. „Ну вот и для Вас дело нашлось,— сказал мне профессор,— удалите это инородное тело, здесь-то Вы не ошибетесь“. Я встал перед трясущейся от страха старушкой в позу хирурга-акушера и, схватив не без волнения резец щипцами, стал медленно тянуть, как бурлак баржу. Шея у больной вытянулась, она наполовину привстала в кресле; ей богу, она пошла бы за мной на край света. Я был в отчаянии, мои товарищи при этом корчились от смеха. Тут я, наконец, так дернул, что зуб полетел в одну сторону, а женщина в другую. Это было моей первой и последней попыткой удаления зубов».

Свое место в науке Бер определял с большим трудом, через сомнения и внутреннюю борьбу. В 25 лет он «все еще не нашел себя, однако все больше и больше склонялся к мысли, что его истинное призвание — естественные науки».

В годы учебы в Париже Поль продолжал поддерживать тесные связи с научными обществами Осера, а ка-



Пьер Луи Гратиоле

никулы проводил в полях Бургундии, занимаясь сбором зоологических и ботанических материалов. В обществе естествоиспытателей департамента Йонна он занимается систематикой позвоночных животных своего края. Природная наблюдательность и тесные контакты с натуралистами способствовали формированию мировоззрения будущего ученого, развитию в нем исследовательских навыков.

В конце 1850-х годов Поль Бер по рекомендации библиотекаря Парижского музея естественной истории познакомился с зоологом Пьером Луи Гратиоле (1815—1866) — руководителем состоявшей при музее лаборатории сравнительной анатомии человека и обезьяны, а несколько позже — с Анри Мильн-Эдвардсем (1800—1885), выдающимся зоологом, профессором естественной истории этого музея.

«Овеянные романтикой лекции Гратиоле, — вспоминал впоследствии Бер, — увлекли меня и привили вкус к изучению анатомии и естественной истории. Целыми днями я пропадал в лабораториях и залах зоологического му-



Анри Мильн-Эдвардс

зея... Статьи различных кодексов казались мне детскими игрушками на фоне удивительного мира животных, представленного в коллекциях музея. Я смотрел с удивлением и с тайной завистью на людей, знавших названия, да еще такие премудрые, разных насекомых, припшпленных в коробках. Вскоре я случайно натолкнулся на тоненькую книжку со сложным названием „Введение в общую зоологию, или Анализ тенденций природы в построении животного царства“ Мильн-Эдвардса. После прочтения этой книги я буквально прозрел. Разумеется, она не произвела на меня такого ошеломляющего впечатления, как „Происхождение видов“ Ч. Дарвина, с которой я познакомился несколькими годами позже, но вселила в меня уверенность в необходимости изучать мир животных во всем его многообразии, покорила широтой воззрений, четкостью идей и ясностью изложения»³.

В течение трех лет Бер сочетал учебу на медицинском факультете с занятиями в лаборатории Гратиоле и получил солидную теоретическую подготовку и навыки экспе-

³ *Ducloz J. L'enfance et la jeunesse de Paul Bert...*, p. 33—34.

риментатора. При всем уважении к Гратиоле, своему первому учителю, Бер никогда не разделял философских взглядов Гратиоле по вопросам биологии, его спиритуалистических доктрин, в частности о сущности жизни и происхождении человека. Это обстоятельство не повлияло, однако, на дружеский характер их отношений.

Молодой Бер был также пленен и личностью Мильн-Эдвардса, замечательного натуралиста, зоолога, физиолога, избранного в 1838 г. во Французскую Академию наук на место скончавшегося Ж. Кювье. Заслуги Мильн-Эдвардса перед биологией, в частности биологией моря, огромны. Он был первым ученым, еще в 1844 г. спустившимся под воду в скафандре с научными целями и в 1860 г. доказавшим факт существования жизни на глубине. Его перу принадлежит ряд обстоятельных сводок по морской фауне литорали, ракообразным, кораллам и другим группам морских и наземных животных. Учение Мильн-Эдвардса об усовершенствовании функций в животном организме через специализацию в ходе эволюционного процесса, т. е. проблема эволюции функции (в частности, дыхания) в современном понимании, имело огромное влияние на формирование научных взглядов П. Бера и несомненно стимулировало разработку им вопросов физиологии дыхания.

Решающее воздействие на всю творческую биографию Бера оказал Клод Бернар (1813—1878) — основатель современной экспериментальной физиологии. Бер неоднократно подчеркивал, что именно Бернару он обязан всеми своими успехами в науке. Бернар, в свою очередь, горячо любил Бера и считал его единственным достойным преемником, способным творчески развивать экспериментальное направление в физиологии.

Бернар впервые обратил внимание на Бера в 1860 г. на экзаменах на степень лиценциата естественных наук, когда при толковании некоторых вопросов нервной регуляции дыхания молодой студент осмелился вступить с ним в спор, упорно отстаивая свою точку зрения. Этот эпизод способствовал возникновению и укреплению их взаимного уважения, переросшего впоследствии в стойкую нерасторжимую дружбу.

К середине 60-х годов окончательно сформировалось естественно-материалистическое мировоззрение Поля Бера. Большое влияние на него в этот период несомненно



Клод Бернар

оказала книга Ч. Дарвина «Происхождение видов», французский перевод которой вышел в 1860 г. Важную роль в становлении его как ученого сыграли события, происшедшие во французской науке. Мы имеем в виду не только появление трудов Клода Бернара, объяснившего все биологические явления естественными причинами, но и знаменитую полемику Пастера и Пуше (1862) *. В последней Бер занял принципиальную позицию, приняв выводы Пастера о невозможности самопроизвольного зарождения жизни. При этом он, правда, подчеркивал, что этим отнюдь не опровергается мысль о происхождении живого из неживого.

В 1863 г. Поль Бер получил степень доктора медицины за работу по пересадке тканей и органов у животных

* В 1859 г. руанский зоолог Пуше и его единомышленники Жоли и Мюсее опубликовали результаты опытов в пользу учения о самопроизвольном зарождении жизни. Вслед за этим Французская Академия наук объявила конкурс на работу, подтверждающую или опровергающую их данные. В 1862 г. Пастер опроверг данные Пуше. Формула «Omne vivum e vivo» («Живое только из живого») восторжествовала.



Клод Бернар в лаборатории среди своих учеников. Справа налево: А. Дастр, М. Лабо, К. Бернар, д'Арсенваль, П. Бер и др. Картина Лермитта

«De la greffe animal», которая содержала обширный обзор литературы по проблеме. Этот труд был удостоен премии Французской Академии наук по экспериментальной физиологии.

Он стал одним из первых исследователей в области экспериментальной пересадки и приживления тканей и органов от одного животного к другому. Он продемонстрировал возможность перекрестного кровообращения у крыс, однако не смог получить аналогичных результатов в модели «крыса — морская свинка». Бер допускал, что причина неудачи в установлении удовлетворительного перекрестного кровообращения между особями этих видов кроется в различии размеров их эритроцитов. Он предостерегал против механического перенесения результатов исследований, полученных на животных, на человека. Этому новому вопросу (пересадка тканей и органов) в экспериментальной медицине и физиологии суждено было стать важной вехой в развитии пластической хирургии. «Пересадка по Беру» использовалась во время франко-прусской войны 1870—1871 гг. Примечательно, что фундаментальное исследование Бера по пересадке и приживлению тканей и органов получило всемирное при-

знание как основополагающее в науке о трансплантации тканей и органов ⁴.

Труды и записки Бера содержат многочисленные жалобы на плохое качество исследовательского оборудования во Франции (в отличие от неплохого оснащения немецких лабораторий и университетов того времени) и отсутствие правительственной поддержки ученых. Даже К. Бернар был вынужден работать в сыром полуподвальном помещении своей лаборатории в Коллеж де Франс. Осенью 1863 г., изнуренный неблагоприятными условиями работы, он не смог читать зимнего курса лекций. По настоянию врачей Бернар покинул Париж с тем, чтобы восстановить здоровье и на отдыхе заняться литературным трудом. Перед отъездом он пригласил Бера и предложил ему должность препаратора со скромным жалованием (700 франков в год). «Мне предстоит упорным трудом оправдать высокое доверие, оказанное великим ученым» ⁵, — писал Бер по этому поводу.

Вскоре после этого события, в какой-то мере упрочившего положение Бера в научном мире, он женился на шотландке Жозефине Клейтон (1847—1916), с которой познакомился в 1863 г. в родном городе во время каникул. Свадьба состоялась в 1865 г. и была приурочена к выздоровлению и возвращению в Париж К. Бернара. Брак был счастливым; у Беров было три дочери: Генриетта, Полина и Леония. Жена стала верной помощницей ученого. Впоследствии она перевела на английский язык курс лекций Бера по общей зоологии.

За годы работы в качестве препаратора (1863—1866) Бер довел до окончательного варианта и опубликовал «Определитель позвоночных животных департамента Йонна» (1865 г.), вчерне подготовленный еще в 1857 г., а также написал и защитил диссертацию на звание доктора естественной истории по теме «О жизненности животных тканей» (1866).

В 1867 г., после кончины выдающегося физиолога Пьера Флуранса (1794—1867), Бер по ходатайству Бернара получил кафедру сравнительной физиологии на факультете естественных наук в г. Бордо. Спустя три года он опубликовал свои лекции по сравнительной физиоло-

⁴ См.: Пересадка органов и тканей у человека / Под ред. Ф. Раппопорта, Ж. Досса. М.: Медицина, 1973, с. 12.

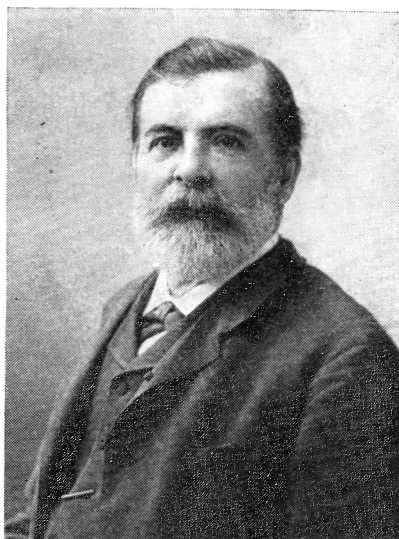
⁵ *Ducloz J. L'enfance et la jeunesse de Paul Bert...*, p. 65.



Пьер Флуранс

гии дыхания с посвящением К. Бернару. Молодой профессор обобщил в них собственные исследования по газам крови, проанализировал причины асфиксии и изложил достижения К. Людвига, И. М. Сеченова и Э. Пфлюгера. Блестящий лектор (самый молодой тогда профессор университета), Бер сразу завоевал аудиторию.

Зоологическая лаборатория в Бордо была оборудована еще хуже, чем лаборатория Бернара в Париже. Тем не менее за неполных полтора года, которые он там провел, Бер опубликовал ряд работ по зоологии, сравнительной анатомии и физиологии животных. Бер часто работал в ботаническом саду, а также в расположенных в окрестностях Бордо (г. Ар) музее, лаборатории и аквариуме, изучая патологию пресных рыб, физиологию моллюсков и других водных животных. Вооружившись кинографами, разработанными его другом Этьеном-Жюлем Маре (1830—1904), и высокочувствительной термографической аппаратурой, Бер исследовал тончайший механизм движения листьев у мимозы. Ему удалось показать, что чувствительность и подвижность листьев мимозы можно



Этьен-Жюль Маре

объяснить наличием специальных сократительных тканей, сходных с нервными и мышечными элементами у животных. Сюда примыкали опыты по воздействию различных частей спектра на развитие и активность растений.

В конце 1868 г. Бер вернулся в Париж и получил кафедру физиологии в Сорбонне, которую ему передал Бернар, оставивший за собой кафедру физиологии в Коллеж де Франс. Став, таким образом, преемником Бернара по руководству физиологической школой в Сорбоннском университете, Бер связал с этим научным центром всю дальнейшую научно-педагогическую деятельность.

Сорбонна явилась новым важнейшим этапом и в его научных поисках. Здесь он приступил к экспериментальному изучению действия барометрического давления на животные и растительные организмы. План исследований был одобрен Бернаром. Первые результаты работы Бер изложил в лекции «О влиянии барометрического давления на живые существа», прочитанной 13 декабря 1869 г. в парижской Обсерватории.



Жозефина Клейтон

События франко-прусской войны, падение Второй империи и становление Третьей республики временно прервали педагогическую (но не научную) деятельность Бера. В жизни ученого четко намечаются два направления: общественное и политическое. Бер предстает перед обществом и как блестящий ученый и как серьезный политический деятель, горячий патриот-республиканец. «Отечество в опасности,— заявлял Бер в те дни,— я прежде всего гражданин, а натуралист потом...» Он активно участвует в организации обороны северных районов Франции в 1870 г., назначается префектом национальной обороны департамента Нор. Со свойственными ему пылом и целеустремленностью Бер посвящает весь свой талант организатора налаживанию оружейного производства, политической борьбе за национальную независимость и за республиканский строй. Во многих своих выступлениях этого периода Бер гневно разоблачал антinationальную политику Наполеона III, приведшего Францию к катастрофе. Убеждение в кардинальной роли науки в социальном прогрессе и в его необходимости для развития наук

стало определяющим для всей дальнейшей жизни Бера. В 1870 г. Бер был избран членом муниципального совета Осера. 19 марта 1871 г., в день штурма парижанами ратуши, он возобновил чтение курса лекций в Сорбонне.

В этот период Бер не прекращал и работ по этиологии «горной болезни» и поискам причин гибели первых аэронавтов. В конце 1869 г. он при поддержке своего старшего друга состоятельного врача Дениса Журдане получил для этих исследований две барокамеры из листового железа. Позднее признательный Бер посвятил Д. Журдане главный труд своей жизни «Барометрическое давление».

В лаборатории Сорбонны Бер приступил к изучению особенностей течения физиологических процессов у животных в разреженном воздухе. Постановка экспериментов свидетельствует о широком общебиологическом подходе ученого к решаемой проблеме. Сначала он ставил опыты на птицах, мелких млекопитающих, собаках. Но настал момент, когда, запасшись пропитанным каучуком кислородным мешком, он сам занял место животных в камере. Он решил доказать главный вывод своих исследований — несчастных случаев в разреженном воздухе можно избежать, применяя дополнительное дыхание кислородом.

20 февраля 1874 г. Бер создал искусственное разрежение, соответствующее высоте 5000 м, а 30 марта — 8800 м (высота Эвереста!). Имитируя подъемы на воздушном шаре, Бер приходит к выводу, что с понижением давления у человека возникают функциональные расстройства, пропорциональные степени этого понижения. «Как только он (Бер) оказывался на пороге потери сознания, — писал его ученик Э. Берийон, — он прибегал к помощи мешка с кислородом, и все неприятные ощущения исчезали как по волшебству»⁶. Достигнув условной девятикилометровой высоты, Бер хотел «взлететь» еще выше, однако ассистенты, опасаясь за его жизнь, отказались от дальнейшего проведения опыта.

22 марта 1874 г. аэронавты Кроче-Спинелли и Сивель, вооруженные экспериментальными данными Бера и пользуясь кислородными подушками, успешно достигли высоты 7300 м. Их полет впервые наглядно подтвердил необ-

⁶ *Berillon E. L'oeuvre scientifique de Paul Bert. Paris, 1887, p. 29.*

ходимость дополнительного кислородного дыхания на высоте. К сожалению, трагическая гибель Кроче-Спинелли и Сивеля во время полета на аэростате «Зенит» 15 апреля 1875 г. бросила тень на исследования Поля Бера. Правда, по свидетельству оставшегося в живых члена экипажа Г. Тиссандье, аэронавты сознательно берегли кислородный запас для использования его на большой высоте, но, достигнув 8600 м, уже не нашли сил, чтобы воспользоваться им. Следует также отметить, что непосредственно перед полетом на «Зените» Бер послал Кроче-Спинелли письмо с советом увеличить запас кислорода на борту аэростата. Но аэронавты или не придали указаниям Бера достаточного значения, или письмо просто не дошло до адресата вовремя ⁷.

С усовершенствованием подводного скафандра и изобретением кессонного аппарата * водолазы и рабочие-кессонщики стали все чаще подвергаться высоким давлениям. При этом значительно расширился и круг профессий, связанных в той или иной степени с работой в этих условиях. Все чаще стали появляться сообщения о заболеваниях и случаях гибели водолазов и кессонщиков. Возникла настоятельная необходимость изучить причины этого явления. Работы Бера, связанные с физиологией человеческого организма, при высоких давлениях вновь привлекли к себе внимание.

К решению этой проблемы Бер приступил в 1872 г. по просьбе изобретателя скафандра Денейруза, заинтересовавшегося причинами гибели водолазов-ловцов губок в Эгейском море. С помощью своих барокамер Бер провел серию опытов на мелких животных, последовательно изучая причины их гибели при повышенных давлениях. Ему удалось установить, что кислород, подаваемый подопытным животным под давлением, растворяется в плазме крови в значительно большей степени, чем обычно, и при давлении свыше 3 атм оказывает на организм токсическое действие, вызывая конвульсии и смерть. Неожиданное открытие побудило его детально исследовать это явление.

⁷ См.: *Dubreuil L. Paul Bert. Paris, 1935, p. 35.*

* Кессон — специальное устройство, позволяющее людям находиться под водой и вести там работы; используется главным образом при сооружениях мостов. Внутри создается повышенное давление воздуха, вытесняющего воду.

Свои наблюдения о возникновении резко выраженных су-
дорог, развившихся в результа-
те кислородного отравления
(«эффект Поля Бера»), ученый
доложил 17 февраля 1873 г. на
заседании Парижской Акаде-
мии наук. «Я долго колебался,—
писал он,— прежде чем решился
назвать кислород, это уни-
версальное живое начало, ядом.
И все же я вынужден это сде-
лать. Да, кислород, которому
мы обязаны жизнью, смертелен,
если им пользоваться в больших
дозах. Он убивает, тормозя все
окислительные реакции...»⁸

Бер обнаружил также, что
случаи отравления кислородом
возможны при дыхании не толь-
ко чистым кислородом, но и
обычным воздухом, который по-
давался под повышенным дав-
лением. Например, у животных
судороги наступали при дыха-
нии воздухом под давлением в 15 атм. Ученый провел ши-
рокие исследования по выяснению влияния кислорода на
растения, насекомых, бактерии и пришел к выводу об об-
щетокическом действии кислорода на все живое. С целью
предотвращения несчастных случаев при кислородном от-
равлении Бер рекомендовал использовать хлороформ, ус-
покаивающее действие которого ослабляло токсический
кислородный эффект.

Бер сформулировал закон физиологического значения
парциального давления кислорода, ставший новой вехой
в развитии физиологии. Его данные об общетокическом
действии избыточного парциального давления кислорода
на растения, низших беспозвоночных и микроорганизмы



*Водолазный скафандр
Денейруза*

⁸ *Servettaz P. L. Essai biographique sur Paul Bert. Cadaques le 23 Juin, 1968, p. 7.*

в течение нескольких десятилетий служили основным источником знаний в этой области. Бер отмечал, что высокое парциальное давление кислорода ведет к снижению обмена веществ, замедлению роста растений и всхожести семян, угнетению процессов брожения и гниения. При этом он указывал, что, находясь в кислородной атмосфере, молоко не скиснет и мясо не испортится даже в течение многих суток. Ученый высказал очень интересные гипотезы о механизме токсического действия кислорода, в основе которого лежат процессы угнетения и извращения хода окислительных процессов, а также о возбуждении кислородом нервных центров.

Наряду с токсичностью кислорода Поль Бер обстоятельно изучил и токсические свойства углекислоты. Вслед за К. Бернаром, который показал, что высокие концентрации углекислого газа снижают потребление кислорода мелкими птицами, Бер определил смертельные концентрации углекислоты в воздухе и нашел, что пресмыкающиеся и амфибии значительно менее чувствительны к CO_2 , чем теплокровные животные. Он выявил токсическое и смертельное содержание CO_2 в крови и пытался установить токсические концентрации в тканях. Как и при изучении токсического действия кислорода, Бер исследовал влияние CO_2 не только на высших животных, но и на изолированных тканях, растениях, бактериях.

Откликнувшись на просьбу Денейруза, ученый экспериментально изучил причины декомпрессионных заболеваний, описанных ранее у рабочих-кессонщиков, и в первую очередь их частого и резко выраженного симптома — паралича конечностей. Практика показывала, что ни один из рабочих не заболел в самом кессоне — загадочное заболевание настигало человека только при выходе на поверхность.

Бер обнаружил пузырьки газа в крови подопытных животных, погибших после их изъятия из кессонной камеры со сжатым воздухом, причем наибольшее количество его оказалось в венах и правом предсердии. Аналогичные пузырьки ученый встретил и при вскрытии поверхностных крупных вен у живых собак, побывавших в камере. Анализ газа, собранного из этих пузырьков, показал, что в них преимущественно содержится азот. В заключительной части краткого сообщения Академии наук по поводу этого открытия Бер писал: «Именно азот яв-

ляется газом, угрожающим жизни водолазов... переходя в свободное состояние, он вызывает паралич, нарушая спинномозговое кровообращение. Кровь, движущаяся в сосудах, при нормальных условиях почти насыщена азотом через дыхание... Стало быть, нет никакого основания к тому, чтобы излишек азота, пришедший в свободное состояние, вновь растворился в крови»⁹.

В 1875 г. работы по изучению физиологического влияния воздуха и кислорода под повышенным или измененным давлением, изложенные в монументальном труде «Барометрическое давление» (1878 г.), принесли П. Бери Большой двухгодичный приз Сорбонны.

В этом главном труде своей жизни — сводке обширной серии экспериментов по поведению животных и растений, микроорганизмов и ферментов в условиях повышенного и пониженного давления — Бер обобщил результаты 670 экспериментов, а также дал обстоятельный исторический обзор по вопросу изучения влияния барометрического фактора на организм человека, занимающий почти половину огромной монографии. Все основные факты, установленные Бером и описанные в этой работе, были подтверждены последующими исследованиями. В 1878 г. Бер был избран пожизненным председателем Французского биологического общества, а в 1881 г. — академиком, членом Института Франции — главного научного учреждения страны.

Исследования Поля Бера о влиянии повышенного давления на жизнедеятельность получили международное признание. Так, в 1878 г. Эдинбургский университет присудил ученому главный приз за работы по терапии. В конце XIX в. идеи Бера стали предметом пристального изучения русских врачей и физиологов. Существенный вклад в разработку беровской барофизиологии внесли А. О. Католинский (1862 г.), П. Качановский (1875 г.), Л. Н. Симонов (1876 г.) и др. Высокую оценку труды Поля Бера получили в «Лекциях по общей патологии» В. В. Пашутина (1881 г.). Неоднократно его имя упоминается в трудах М. Н. Храбростина (1888 г.), Ф. И. Шидловского (1896 г.) и др.

Интерес к исследованиям Поля Бера по барофизиологии особенно возрос в преддверии научно-технической ре-

⁹ *Servettaz P. L. Essai biographique sur Paul Bert, p. 9-10.*

волюции XX в. Большую роль в их пропаганде и развитии сыграли работы английского физиолога Джона С. Холдейна (1860—1936) — продолжателя дела Поля Бера. Холдейн в своих экспериментах изучил особенности дыхания человека и животного (козы) в условиях повышенного и пониженного давления. Полученный в результате исследований богатейший экспериментально-теоретический материал Холдейн систематизировал в капитальном труде «Дыхание», написанном совместно с Дж. Г. Пристли. В нашей стране перевод этой работы был издан в 1937 г.¹⁰

Разработанные Холдейном физиологические основы рациональной декомпрессии нашли свое отражение в специальных таблицах, носящих его имя. Они и в настоящее время не утратили своего значения и с некоторыми поправками используются в водолазной практике многих стран.

В 1907 Н. А. Есипов перевел на русский язык раздел из «Барометрического давления» П. Бера, спустя девять лет более обстоятельный перевод, относящийся к глубоководной физиологии, сделал врач водолазной школы в Кронштадте В. П. Аннин. В 1943 г. по инициативе Джона Фультона, известного физиолога и историка науки, книга «Барометрическое давление» была полностью переведена на английский язык. Отмечая необходимость капитального труда Поля Бера спустя 65 лет после написания, продиктованную нуждами военного времени, редактор подчеркивал, что «такой чести не удостоился ни один из ученых XIX в.».

Учение Бера — Холдейна о декомпрессии и мерах ее профилактики успешно разрабатывается в специальных физиологических лабораториях нашей страны. Оно позволяет глубже проникнуть в понимание функциональных сдвигов в организме при повышенном (и пониженном) парциальном давлении кислорода и обеспечить безопасную работу человека в необычных средах существования. Как известно, Холдейн предложил использовать вместо плавных режимов декомпрессии Бера ступенчатую декомпрессию. В настоящее время в большинстве стран (СССР, США, Франция, Англия) при глубоких погружениях

¹⁰ Холдейн Дж. С., Пристли Дж. Г. Дыхание: Пер. с англ. М.; Л.: Биомедгиз, 1937.

вновь применяется плавный режим декомпрессии, правда, несколько отличный от режимов Поля Бера. Вопросы теории и практики подводных спусков и сопутствующих им физиологических изменений были и остаются предметом постоянного внимания таких крупных советских физиологов, как Л. А. Орбели, Е. М. Крепс, Н. В. Лазарев, В. Н. Черниговский, М. П. Бресткин, А. Г. Жиронкин и др.

В последние годы жизни в многогранной научной деятельности Бера на первый план выдвинулось изучение вопросов анестезии. Ценнейшим вкладом ученого в развитие хирургии явился метод дополнительного кислородного дыхания при анестезии. Именно благодаря использованию кислорода у медиков появилась возможность безвредного применения анестезирующих средств — возможность, которую до Бера тщетно искали многие исследователи, изучая свойства таких анестезирующих веществ, как закись азота и хлороформ. Бер установил для них «порог безопасности» — летальную и наркотическую дозы. Современная анестезия в условиях повышенного давления, в сущности, является лишь улучшенным вариантом способа, предложенного Бером для практического использования парижским хирургам Пеану и Лаббе.

В последний период своей жизни Бер много времени, сил и энергии отдавал распространению и пропаганде естественнонаучных знаний. Именно в эти годы полностью раскрылся его талант популяризатора науки. С 1879 по 1885 г. он опубликовал, помимо большого количества учебников для юношества и старших школьников, семь томов (около 4000 с.) очерков по новейшим достижениям науки и техники в виде приложения к журналу «La Republique française», основанному его другом, крупным политическим деятелем Л. Гамбеттой (1838—1882). Тематика очерков была разнообразной — Бер писал об изобретении телефона, о свече Яблочкова, предполагаемом лунном ландшафте, явлениях вулканизма, вспышках холеры или действии кураре на живые организмы, и т. п. Но о чем бы ни рассказывал он в своих работах, они всегда отличались простотой и были понятны читателям. «Мне хотелось,— отмечал Бер в предисловии к одному из учебников,— чтобы дети, которым посвящена эта книга, испытывали при чтении ее такое же удовлетворение, которое испытывал я сам, когда пи-

сал ее. И желаю я этого не из самолюбия, а вследствие убеждения, что нельзя чему-нибудь научить, когда наводишь скуку». И все же нельзя не пожалеть, что популяризаторская, как, впрочем, и общественно-политическая деятельность отняли слишком много времени из его короткой жизни в науке.

Дар Бера к увлекательному изложению не остался незамеченным прогрессивными биологами России, где имелаась огромная потребность в популярной научной литературе и где, начиная с 1881 г., в течение почти трех десятилетий пособия Бера по естествознанию неоднократно издавались по рекомендации таких известных ученых-биологов, как И. Р. Тарханов, И. И. Мечников, М. А. Мензбир. В предисловии к изданию «Лекций по зоологии» (1891 г.) Мензбир, в частности, писал, что «главным достоинством курса Поля Бера является то, что от него веет живым словом и нет и тени догматизма».

До конца своих дней не прекращал Поль Бер общественно-политической и публицистической деятельности. Разработку реформы народного образования (от начальной школы до высших учебных заведений) в период 1871—1886 гг. он сочетал с научно-педагогической работой. По его глубокому убеждению законодательные реформы в области образования и просвещения, борьба с невежеством и суевериями должны были оздоровить и возродить нацию. Он утверждал, что повсеместное распространение просвещения повысит жизненный уровень народа и будет способствовать дальнейшему расцвету общества. «Я предвижу,— говорил Бер,— господа церковники скажут: „Вы изгоняете нас из школ, что ж, мы уйдем, и с нашим уходом рухнут моральные устои, без которых вы скатитесь в бездну безнравственности“. На это мы ответим, что опыт истории Европы и всего мира, начиная с кровавых времен средневековья, убеждают нас, что современное общество устремлено к борьбе за установление новой морали. Чем народы ближе к своей цели, тем дальше они отстоят от религии»¹¹.

Эту мысль более детально Бер конкретизировал в книге «Мораль иезуитов»¹². Он дал в ней обзор литературы по религиозно-этическим вопросам, изданной орденом иезу-

¹¹ Depasse H. Paul Bert. Paris, 1883, p. 29-30.

¹² См.: Bert P. La morale des Jésuites. Paris, 1880.

итов, направленной против свободомыслящих и протестантов. Подробно анализируя эти сочинения, Бер обнаружил в них множество передержек, неточных и искаженных ссылок, недобросовестных приемов спора, а в ряде мест — прямое оправдывание таких пороков, как обман, лжесвидетельство, воровство и т. п. Антииезуитское выступление П. Бера было весьма актуальным в годы усиления монархических и клерикальных тенденций в Третьей республике. Оно явилось ничем иным, как продолжением сатирической просветительной традиции французских энциклопедистов XVIII в., и восходит к знаменитой полемике Паскаля с иезуитской этикой в «Письмах к провинциалу».

В 1881—1882 гг. произошло знаменитое «идейное столкновение» Поля Бера с И. Ф. Ционом, бывшим профессором физиологии Петербургского университета. Будучи крупным физиологом прошлого века, Цион еще в 1867—1868 гг. работал в лабораториях Клода Бернара и Карла Людвига. Он получил там важные данные, касающиеся режима работы сердца; совместно с Людвигом открыл депрессорный нерв сердца¹³. Однако во многих политических и идеологических вопросах Цион, как монархист, занимал реакционные позиции, выступал против теории эволюции и в особенности дарвинизма. В 1878 г. он защитил в Сорбонне докторскую диссертацию и надеялся занять освободившуюся в том же году после смерти Бернара университетскую кафедру. Этого не произошло. Кафедру получил Бер¹⁴. После этого Цион, известный к тому же своим склочным характером, развернул кампанию против Бера.

Воспользовавшись тем, что Бер в августе 1881 г. представил Национальному собранию свой проект отделения церкви от государства и закрытия церковных школ, монастырей и духовных орденов, Цион опубликовал открытое письмо к автору проекта¹⁵. Он утверждал, что предложенные Бером меры ведут не только к подрыву католицизма, но и к ослаблению моральных устоев и распаду культуры. Цион с ожесточением обрушивался на пропагандируемые Бером идеи Дарвина и Геккеля, противопо-

¹³ См.: *Чеснокова С. А.* Карл Людвиг. М.: Наука, 1973, с. 209—213.

¹⁴ См.: *Орбели Л. А.* Воспоминания, М.; Л.: Наука, 1966, с. 9—13.

¹⁵ См.: *Cyon E. de.* La guerre à Dieu et la morale laïque: Réponse à m. Paul Bert. Paris, 1881.

ставив им взгляды своего учителя — крупного патолога, депутата прусского рейхстага Рудольфа Вирхова, убежденного консерватора, антидарвиниста и антиэволюциониста. Однако Циюну не удалось подорвать научный и политический престиж Поля Бера. 4 ноября 1881 г., спустя всего полтора месяца после публикации открытого письма, Бер получил портфель министра народного образования и культов в кабинете Гамбетты.

Как известно, «великий кабинет» Гамбетты просуществовал лишь десять недель — с ноября 1881 г. по январь 1882 г., и Бер не смог провести в жизнь задуманных реформ в области просвещения. И все же он успел составить первоначальные наброски плана, который мог бы обеспечить свободу вероисповеданий и отделить школьное образование от религии. Ряд идей Бера был осуществлен позднее его преемниками в деле развития народного образования во Франции.

Соединение в одном лице политического деятеля и биолога или врача — характерная особенность французских республиканцев XVIII—XIX вв., таких, как Ф. Бюше, Э. Вайян, Ж. Гильотен, П. Лафарг, Ж. П. Марат, Ф. Распай. Достойное место в этой шеренге по праву принадлежит Полю Беру. В течение 1870—1880 гг., занимая пост члена Осерского муниципального совета, а затем депутата Национального собрания и министра, он доступными ему в рамках бюрократической системы Третьей республики средствами боролся за ассигнования на науку и просвещение, за подъем научного потенциала Франции. Неоднократно участвуя (с переменным успехом) в избирательных кампаниях в местные и центральные органы власти, ученый опирался в основном на лозунги республиканского строя: равное и справедливое обложение налогами, всеобщее бесплатное образование. Обличая монархию и диктатуру (в том числе и диктатуру Тьера, которую рассматривал как вид «анонимной монархии»), Бер подчеркивал ответственность бонапартистского режима за войну и поражение, за разорение страны. Обращаясь к избирателям во время выборов во французское учредительное собрание в октябре 1871 г., Бер сказал: «Вот к чему привело единоличное правление; подобные беды ожидают вас всегда, когда вы будете возлагать на одного человека все полномочия, предоставив ему самому выбор лиц для контроля над его действиями. Одинаковые причины роко-

вым образом влекут за собой одинаковые последствия. Народное же правление имеет только одну форму — форму республики. Республика даст вам внутренний мир, порядок и безопасность»¹⁶. Общеизвестно, что Бер был одним из деятелей, которым Франция обязана окончательным освобождением от монархии и упрочением республиканского строя. Участок, на котором действовал Бер (образование и организация науки), мог показаться по тем временам сравнительно узким и специальным, но сейчас мы не можем не признать его важнейшей роли в формировании всей прогрессивной французской культуры на рубеже XIX—XX вв.

Однако надежды, которые Бер возлагал на буржуазную республику, были чрезмерными. И хотя подобные буржуазно-демократические иллюзии вполне естественны для профессора Сорбонны второй половины XIX в., последовательностью своих республиканских принципов, активным патриотизмом, неутомимостью в стремлении обеспечить государственную поддержку науки Поль Бер выгодно отличался от большинства политических деятелей Третьей республики. Именно Бер среди всех создателей Третьей республики стал тем человеком, кому Франция наиболее обязана системой организации науки — системой, в которой государственная регуляция и поныне занимает, пожалуй, большее место, чем в какой-либо другой развитой капиталистической стране¹⁷. И если к началу XX в. французской науке удалось преодолеть временное отставание и выдвинуть плеяду замечательных ученых, в том числе биологов, лауреатов Нобелевских премий А. Лаверана, А. Карреля, Ш. Рише, Ш. Николля, то в этом немалая заслуга Бера, способствовавшего возрождению традиционно высокого престижа науки и Академии наук во французском обществе.

Бер активно участвовал в создании Осерской сельскохозяйственной опытной станции (1873 г.), в открытии университетов в Лионе и Лилле, в учреждении новых школ, лицеев и коллежей, в улучшении материального обеспечения всей системы образования и науки во Франции.

¹⁶ *Dubreuil L.* Paul Bert, p. 28.

¹⁷ См.: Любина Г. И. Франция: Исторические формы организации научных исследований.— В кн: Эволюция форм организации науки в развитых капиталистических странах. М.: Наука, 1972, с. 25.

В 1879 г. он представил Национальному собранию проекты «Об организации высшего образования в Алжире» и «О женском среднем образовании». Эти проекты были признаны слишком радикальными, но в дальнейшем они все же повлияли на новые программы в области образования. В 1881 г. Бер добился ускоренного финансирования строительства метеорологической обсерватории на горе Миди де Бигорр во Французских Альпах. Одновременно он доложил сенату о мерах по улучшению системы среднего образования в стране. Этот доклад, равно как и разработанный несколько ранее специальной комиссией под его председательством проект закона об обязательном начальном образовании¹⁸ были благожелательно приняты палатой депутатов, но практическое воплощение их в жизнь затягивалось. Важным подспорьем для преподавательских кадров Франции стала принятая бюджетной комиссией Национального собрания 11 июля 1882 г. по предложению Бера поправка к бюджету, касавшаяся установления минимальных (600 франков) пенсий преподавателям колледжей и университетов.

Поль Бер разработал ряд мероприятий по улучшению медицинского обслуживания населения Франции и ее колоний. Его предложения и проекты, выдвинутые и частично претворенные в жизнь в конце 1870 — начало 1880 г., лежали в русле умеренных реформ в сфере образования и культуры. Они были проведены в этот же период Жюлем Ферри и возглавлявшимся им министерством просвещения и известны под именем «законов Ферри». Однако в своих требованиях государственной поддержки науки Бер шел далее Ферри. Для общей ориентации дальнейшего развития французской научной политики, а также для понимания во Франции и за ее пределами первостепенного значения организованной «большой науки», своей пропагандистской деятельностью Бер сделал, пожалуй, больше.

Падение «великого министерства» Гамбетты в январе 1882 г., последовавшая вскоре отставка Ферри, смерть (31 декабря 1882 г.) Л. Гамбетты, руководителя республиканской партии, к радикальному крылу которой при-

¹⁸ Так называемый проект Бароде (по имени внесшего его в палату депутатов члена комиссии). См.: *Bert P. Rapport présenté à la chambre des députés sur la loi de l'enseignement primaire (proposition Barodet)*. Paris, 1880.

мыкал Бер, усиливавшаяся по стране консервативная и клерикальная реакция — все это осложняло воплощение в жизнь просветительских и научно-организационных программ Бера. Его иллюзия относительно того, что буржуазная республика способна преодолеть бюрократизм и другие недостатки в организации науки и образования в стране, так ярко проявившиеся в период Второй империи, в значительной мере рассеялась. В этот период внимание Бера все чаще переносится на внешнеполитическую сферу и на возможности компенсации ущерба от франко-прусской войны за счет расширения связей Франции с ее колониями при условии роста промышленного и научного потенциала последних. Впрочем, интерес к этим вопросам проявлялся у Бера и раньше. В этом отношении, помимо уже упомянутого доклада Бера о введении высшего образования в Алжире, характерен представленный им в декабре 1877 г. в Национальное собрание проект «Об организации образования в Алжире», а также встреча ученого в 1882 г. с французским путешественником де Браззой, вернувшимся тогда из Конго, и последующие выступления Бера, обосновывавшие необходимость промышленного и научного прогресса в колониях.

Результаты были незначительны: в Алжире и в Конго был открыт ряд школ с преподаванием на французском языке. К сожалению, того, что единственным путем к радикальному подъему науки и культуры в «заморских территориях» Франции была полная ликвидация колониальной системы, Бер в полной мере не сознавал. В январе 1886 г. он принял предложение занять пост представителя французского правительства в Индокитае. Бер надеялся провести там некоторые из своих образовательных реформ, но по прибытии на место обнаружил тяжелые злоупотребления французской администрации, активную враждебность населения и невозможность добиться успехов в осуществлении своих планов. Политику Франции, направленную на оккупацию Аннама, Бер не одобрял и еще в декабре 1875 г. обращался к правительству с безуспешным призывом отозвать все французские гарнизоны из Аннама¹⁹.

¹⁹ См.: Brosse P. de la. Une des grandes énergies françaises: Paul Bert. Hanoi, 1925, p. 95.

Непривычный климат, нервное переутомление подорвали силы Бера. 11 ноября 1886 г. он скончался в Хапое в возрасте 53 лет от тропической дизентерии, сопровождавшейся кровоизлияниями. Его прах был перевезен во Францию и 15 января 1887 г. захоронен в Осере.

За несколько дней до отъезда в Индокитай, 7 февраля 1886 г., Поль Бер произнес речь по случаю открытия памятника Клоду Бернару в Коллеж де Франс. Он сказал, что всегда оставался и останется «учеником Бернара, вдохновляемым его точным и осторожным методом — методом, верным фактам и учитывающим условия, методом научным, методом экспериментальным». Этому методу Бер был верен до конца своих дней.

Грани научного творчества

Экспериментальная биология (1863—1870)

Трансплантация органов и тканей у животных

В редкие часы досуга, которые у него оставались после исполнения обязанностей препаратора, Поль Бер проводил опыты по пересадке различных тканей. Отдельные сообщения о них появились в «Бюллетене научного общества г. Иона»; полностью результаты этих исследований Бер изложил в монографии «О животном трансплантате» (1863 г.), которую посвятил своему учителю Пьеру Гратиоле.

Ко времени выхода в свет монографии Бера данные по трансплантации отдельных органов и тканей у животных и человека можно было встретить в руководствах по хирургии и физиологии. Бер явился первым исследователем, который взял на себя труд изучить и обобщить литературные материалы по трансплантации органов и тканей. Этому вопросу в монографии он посвятил специальную главу.

Литературный обзор, содержащийся в этой главе, поражает своей обстоятельностью. «Можно сказать со всей ответственностью,— писал Бер,— что до последнего времени вопрос о трансплантации у животных не подвергался специальному изучению. Некоторые экспериментаторы рассматривали опыты по пересадке как метод для проверки хитроумно задуманных построений, другие прибегали к трансплантации для выяснения некоторых более интимных сторон физиологических функций, а большинство этим занималось из чисто хирургического интереса»¹. Это был наиболее полный для того времени экскурс в историю вопроса о трансплантации тканей и органов, представляющий несомненный интерес и по сей день. Он убедительно показывает, насколько существен вклад Поля Бера в

¹ Bert P. De la greffe animale. Paris, 1963, p. 7.

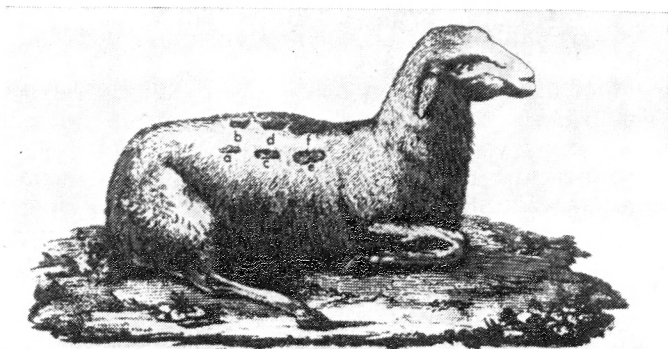
разработку данного важного раздела экспериментальной биологии.

Мысль о замещении больных или поврежденных органов и тканей человека здоровыми издавна волновала человека. Уже в греческой мифологии встречаются упоминания о пересадке органов от животных человеку. В картине художника-монаха фра Анджелико (фра Джованни да Фьезоле, 1387—1455) запечатлен мотив ранней христианской легенды о святых братьях Козьме и Дамиане, повествующей об успешной пересадке ноги человеку. В древней Индии жрецы постигли секрет восстановления утраченного носа с помощью кожи лба, причем тайна искусства рипопластики тщательно охранялась и являлась важным средством воздействия на простых людей. В Европе известные хирурги прошлого, Цельс и Галиен, знали и применяли репарацию носа.

История хирургии XV в. повествует об успешных исходах хирургических пересадок различных частей тела (в частности, пластика удаленного при наказании носа). Именно тогда, вне связи с индийскими жрецами, родился освоенный с большим искусством способ ринопластики — так называемый итальянский метод, когда для изготовления носа использовался лоскут кожи с руки.

Пожалуй, наиболее известен в этом отношении хирург из Болоньи Гаспар Тальякоцци (XVI в.), описавший в своей монографии многочисленные удачные операции по пластике носа лоскутами кожи от плеча. Тальякоцци даже считал возможным восстановить форму носа с помощью мышц лица другого человека. Правда, впоследствии он отказался от этой мысли: «Исключительный характер индивида, — говорил он, — исключает всякие попытки осуществления такой операции на другом человеке. Поскольку сила и мощь индивидуальности такова, что если кто-то рассчитывает на свои возможности в плане совершенствования „союза“ (т. е. приживления. — Л. С.) и более того — получения минимального успеха, мы считаем его человеком суеверным и плохо обученным физическим наукам»². Этими образными словами еще в XVI в. Тальякоцци указывал на опасности, ожидающие врача, осмелившегося переступить барьер тканевой несовместимости. Однако реконструкцию носа человека с помощью кожного лоску-

² Bert P. De la greffe animale, p. 7.



*Подопытное животное с кожным аутотрансплантатом (a, b, c, d, e, f).
Опыты Баронио*

та верхней конечности (т. е., выражаясь современным языком, вариант аутотрансплантации) Тальякоцци осуществлял крайне успешно. Этот метод уже около четырех веков служит нуждам практической хирургии. В Болонье Гаспару Тальякоцци поставлен памятник. Скульптор изобразил хирурга, держащего в руке нос.

К сожалению, в ту эпоху ринопластика не получила распространения в хирургии такой страны, как Франция. Французские врачи во главе со знаменитым Амбруазом Паре всячески исключали итальянскую операцию из арсенала лечебных средств. Она долгое время служила даже предметом насмешек. Больше того, иронически к вопросу о пересадках стали относиться писатели. Так, Эдмон Абу создал роман «Нос нотариуса», а великий Вольтер использовал в своем «Философском словаре» грубоватую легенду о том, как со смертью донора отпал и трансплантат носа у реципиента. Эту же легенду повторил ван Гельмонт в истории с гражданином Брюсселя, которому сделали пластику носа кожей грузчика. Через 30 месяцев после пересадки трансплантат отторгся, что также совпало со смертью донора кожи (так называемый «симпатический нос»).

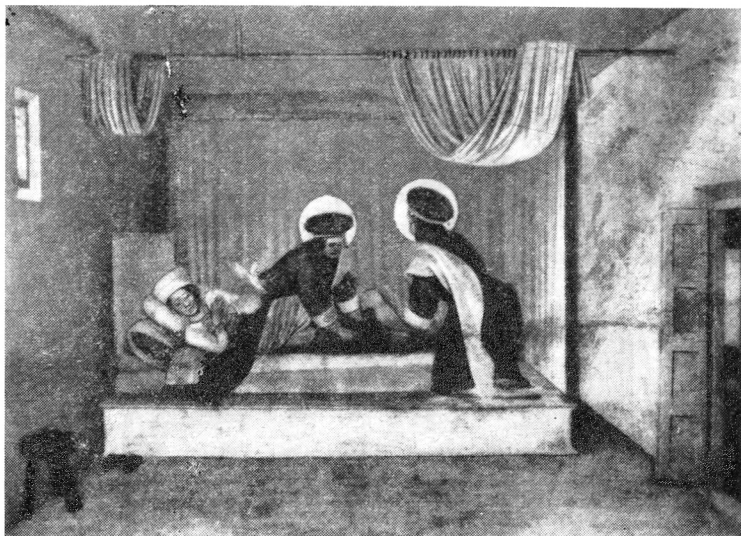
В 1804 г. миланский хирург Баронио сообщил об успешных опытах по аутотрансплантации кожи у овец. Вскоре он уже говорил об удачных операциях по пересадке кожи от одних животных другим — внутривидовой,

а в ряде случаев и межвидовой пересадке. Спустя десять лет английский хирург Карпю, ознакомившись с достижениями индийских медиков, выполнил две первые успешные ринопластики с помощью лоскута кожи, взятого из примыкающих участков, теперь уже этот метод, известный в литературе как «индийский», начал быстро распространяться в Германии и во Франции. Его использовали в пластической хирургии не только для реконструкции носа, но и для пластики ушей, губ, век и даже незаживающих фистул. Впервые появились хирурги, не ограничивающие свою роль ампутацией, а создающие новый орган, часто с косметическими целями. Так, в 1823 г. Бюнгер восстановил часть носа у женщины методом «свободного кожного трансплантата». Операция прошла успешно. Хоффакер, гейдельбергский «хирург дуэлей» (прозванный так за то, что к нему часто обращались за медицинской помощью после дуэлей), описал 16 случаев успешной реконструкции носа, подбородка и других частей лица. Отсеченных длинными рапирами.

Ко времени публикации работы Поля Бера накопились отдельные сведения о пересадках у животных и человека, зачастую носивших несколько экзотический характер. Были известны отдельные работы по пересадке волос, петушиных гребешков, зубов, случаи приживания на месте кожи, носа, ушей, пальцев, скул, подбородков, иногда частично изолированных от организма на много часов. Описаны попытки внутрибрюшинной пересадки семенников, селезенки, матки, желудка. Отдельные экспериментаторы даже пытались пересаживать надкостницу, кости, мышцы и др. в подкожную клетчатку.

Нетрудно заметить, что «трансплантация у животных» (и у человека) в эпоху Бера представляла собой операцию по удалению у одного животного фрагмента живой ткани и перенесению его или на другое место тому же, или другому животному в различных вариантах. В ряде случаев эти кусочки тканей оказывались довольно длительное время жизнеспособными и в какой-то мере продолжали свою жизнедеятельность. Многие из этих экспериментов, зачастую удивительных или странных с точки зрения современного трансплантолога, сыграли положительную роль в исследовании тех или иных физиологических феноменов.

Бер относился с большим уважением к таким своим



Операция по пересадке конечностей. Картина Фра Анджелико

предшественникам, как Гюнтер, Путо, Диффенбах, Висман. Он признавал мастерство и смелость их опытов, однако отмечал, что «они только открыли путь, не следуя по нему, и остановились на первых полученных ими результатах. Никто из них не подверг вопрос трансплантации всестороннему рассмотрению, не охватил его в единстве, не осмыслил его объем, пропикнув в проблемы, которые он открывает, наметив план предстоящих экспериментов. Одним словом, никто еще не занялся осмыслением накопленного опыта, этого охотничьего уголья Пана, по образному выражению Бэкона. Вопрос пересадки пока подобен девственности. Нет еще ныне возможности объединить в одной общей формуле все достижения, рассредоточенные в отдельных сочинениях»³.

Любопытно, что для обозначения трансплантации органов и тканей у животных Бер, в отличие от его современников, использовавших такие гермины, как аутоплазия, трансплантация или «прививка», «сварка», «спайка», широко применял термин «greffe» (англ. «graft»). Он упот-

³ Bert P. De la greffe animale, p. 8.



Схема ринопластики по Тальякоцци

ребил это ботаническое понятие, первоначальное значение которого — «привой», «подвой», в сочетании с термином «animal», т. е. принадлежащий животному, «животный». С точки зрения Бера, такая терминология позволяла шире охарактеризовать изучаемый феномен. Надо сказать, что в целом ряде современных европейских языков ботанический термин «greffe» хорошо прижился и служит синонимом трансплантата применительно к животным и человеку. Введенный Бером термин стал более емким; теперь он означает не только процесс пересадки, но и сам пересаживаемый орган — трансплантат.

Бер первым из исследователей попытался проанализи-

GRIFF ANIMAL

Docteur en médecine.

Membre de la Société philomathique, de la Société de biologie.
De la Société d'anthropologie de Paris, etc.

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

Plus Hautefeuille, 19.

Londres, Madrid, New-York,
HIPPOLYTE BAILLIÈRE, C. BAILLY-BAILLIÈRE, BAILLIÈRE BROTHERS.
LEIPZIG, E. JUNG TRÜBTTEL, OUDENHOORN, 10.

0463

45

непосредственно срастаясь и образуя между собой нечто вроде «жизненной солидарности», по выражению Бера. Эту форму трансплантации он считал аналогичной пересадкам, применяемым в ботанике. В настоящее время достижения сосудистой хирургии позволили усовершенствовать эту форму; правда, перекрестное кровообращение сейчас не принято относить к вариантам пересадки.

Во вторую группу Бер включил такие виды пересадок, при которых у подопытного объекта сначала полностью удаляется какая-либо часть тела, а затем сразу или спустя какое-то время производится восстановление ее связей с организмом. В качестве примера этой формы он приводит приживление ампутированных носа, пальцев и др. (реплантация по современной терминологии), пластические операции (типа лобной ринопластики, о которой говорилось выше) и, наконец, использование для целей пластики отдаленных участков тела (реконструкция носа с помощью кожи бедра).

Таким образом, по существу, Бер уже различает ауто- и аллотрансплантацию, причем в своей классификации предусматривает и возможность реплантации. В своей диссертации он даже приводит клинический случай успешной реплантации резца у десятилетней девочки спустя три часа после вызвавшего тяжелую травму лица несчастного случая: был выбит верхний левый большой резец, а три остальных вывихнуты и обращены назад. Выбитый зуб нашли и, оказав первую помощь пострадавшей, доставили ее в больницу, расположенную в нескольких километрах от места происшествия. В больнице хирург осторожно вернул в нормальное положение три отклоненных резца и реплантировал четвертый, зафиксировав зубы специальной повязкой. Спустя два с половиной года после несчастного случая зубы были прочно имплантированы в челюсти в своей нормальной позиции. Следует отметить, что Бер был крайне осторожен в оценке успехов в области пересадки, считая, что в вопросе о реплантации несколько замалчиваются неудачи и слишком поднимаются на щит успешные результаты.

Бер поставил много экспериментов по пересадке органов от одного животного другому по типу аллотрансплантации. Он пробовал пересаживать под кожу крысам перья, петушиные гребни, шпоры и пр. Как видим, ученый отдал дань и ксенотрансплантации. Бургундские

остряки немало изощрялись по поводу легенды о крысе с хоботом. Источником этой легенды явился Поль Бер, пересадивший хвост одной крысы на нос другой.

Поскольку Беру не удалось повторить опыты Баронио по успешной пересадке кожи, он скептически относился ко всем сообщениям об успешной аллотрансплантации кожи как у животных, так и у человека, перенося этот скепсис на успехи аллотрансплантации вообще. И все же, задумываясь о возможных исходах ауто-, алло- и ксено-трансплантаций, Бер в принципе не исключал возможности успешного решения этой проблемы.

Надо сказать, что скептическое отношение к успешному исходу алло- и ксенотрансплантации господствовало почти до 20-х годов XIX в., причем для такого мнения имелись вполне веские основания. Несмотря на все ухищрения экспериментальных и клинических хирургов, прижизнить аллогенный трансплантат обычно не удавалось. С развитием сосудистой хирургии, в частности, после появления в начале XX в. работ Алексиса Карреля, в которых был разработан метод прямого шва кровеносных сосудов, при пересадках органов стали применять соединение кровеносных сосудов трансплантата с сосудами реципиента. Началась эпоха многочисленных наблюдений за поведением аллогенного трансплантата; резко возрос, если так можно выразиться, и ассортимент пересаживаемых органов.

Уже в 1912 г. Гютри, работавший с Каррелем, писал: «И, хотя было описано много экспериментов, никому не удалось сохранить животному с почкой или почками, пересаженными от другого животного, жизнь в течение сколько-нибудь длительного промежутка времени после того, как были удалены его собственные почки... Перспектива ни в коем случае не является безнадежной, и принципы иммунитета, которые принесли столь блестящие результаты во многих других областях, достойны того, чтобы их изучали и в этом случае»⁴. К настоящему времени накоплено большое количество данных, подтверждающих, что иммунологическая несовместимость — главная причина неудач при пересадках органов. Поэтому успех трансплантации жизненно важных органов связан

⁴ Цит. по кн.: Пересадка органов и тканей у человека / Под ред. Ф. Раппопорта, Ж. Доссе. М.: Медицина, 1973, с. 13.

сейчас не только с усовершенствованием хирургической техники (этот вопрос можно считать решенным), но и с решением многих иммунобиологических вопросов, в частности с проблемой тканевой несовместимости.

За последние 20 лет интерес к проблеме трансплантации органов значительно возрос. Более того, уже намечаются конкретные пути, гарантирующие успех такого рода операций. В первую очередь — это подбор (селекция) донора и реципиента, изучение системы тканевой совместимости у человека и животных и ее оценка, разработка схем лекарственной иммунодепрессивной терапии, применение специфических сывороток и белковых препаратов (так называемый антилимфоцитарный глобулин и пр.), определение методов ранней диагностики признаков отторжения пересаженного органа, и др. Комплексное применение всех этих мер уже привело к определенным результатам.

Современные трансплантологи осуществляют пересадку не только кожи и костей, но и различных органов у человека. Успехи, достигнутые при пересадке почек, оказались стимулом для многочисленных попыток замены других органов одноименными трансплантатами. К решению разнообразных вопросов, неизбежно возникающих у хирургов по ходу самой операции и по ведению послеоперационного периода, были привлечены представители многих специальностей — врачи-экспериментаторы, физиологи, биохимики, морфологи, иммунологи, инженеры и др. Трансплантация органов стала комплексной проблемой, поставившей перед исследователями такие важные задачи, как приживание трансплантата, взятого от генетически чужеродного донора, возможность управления реакцией тканевой несовместимости, длительное хранение изолированных органов и мн. др.

По данным мировой статистики на 1 января 1976 г. на Земном шаре выполнено 23 915 операций пересадки почки, в итоге живы 10 850 больных, из 288 больных с пересаженным сердцем живут 52 человека. Кроме того, произведено 325 операций по пересадке печени, легких, эндокринных желез. К этому сроку живы 29 человек.

Однако становлению трансплантологии в ее современном представлении предшествовал длительный период многочисленных экспериментов и поисков. И в числе пионеров этой науки можно смело назвать Поля Бера, кото-

рому принадлежит не только заслуга обобщения наблюдений, уже известных и описанных к тому времени в литературе, но и осуществление многих экспериментов, впервые привлекающих внимание к фактам, не имеющим и до настоящего времени удовлетворительного и окончательного объяснения. Даже во второй половине XX в. удалось лишь частично преодолеть те трудности, о которых Бер писал в своей диссертации.

Как известно, при истинной пересадке трансплантат полностью теряет все связи с организмом донора, а с организмом реципиента оказывается связанным только гуморальным путем: операция пересадки обеспечивает восстановление лишь кровообращения в трансплантате путем соединения его сосудов с кровеносными сосудами реципиента. Таким образом, важным, обязательно имеющим место, хотя и неспецифическим только для трансплантации фактором становится денервация или, вернее, децентрализация трансплантата. Последствия такой децентрализации особенно ощутимы при пересадке органов, богатых поперечно-полосатой мускулатурой, например верхних или нижних конечностей. Не безразличны к децентрализации и внутренние органы (почка, сердце, кишка и др.), хотя в их жизнедеятельности видное место принадлежит автономным реакциям.

В своей диссертации, написанной в период дискуссии о роли нервов для трансплантата (несут ли они множественные функции, или их задача — только передача импульсов двоякого характера — чувствительных и двигательных), Бер уделил этим факторам много внимания. Сославшись на собственные исследования, а также на работы по пересадке нервов, выполненные Филиппо и Вульпианом, он подчеркнул важность трофической роли реиннервации. Уже в те годы Бер, обсуждая закономерности и своеобразие операции трансплантации, постулировал двуединый характер этого оперативного вмешательства: у животных при этом возникали, с одной стороны, полная или частичная (в случае аутопластики) потеря изначальных связей с организмом донора, с другой — иная тенденция, которую Бер характеризовал как «продолжение жизни, торжествующей над неизбежностью смерти и существующей чаще всего в новых условиях новой среды»⁵.

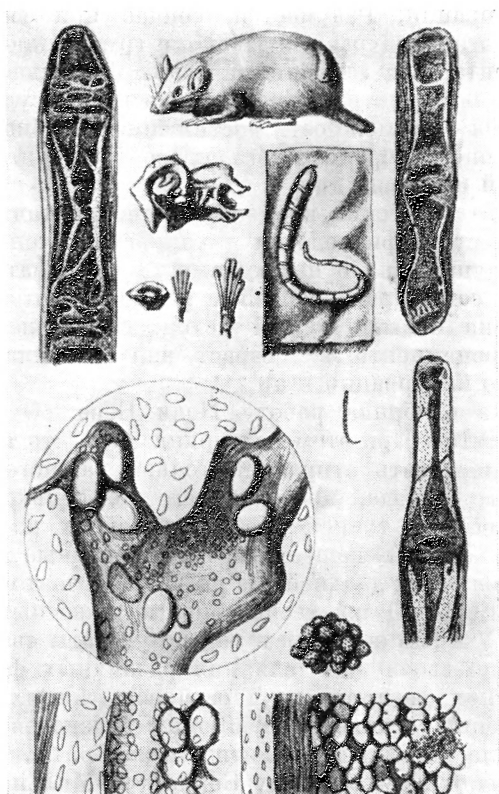
⁵ Bert P. De la greffe animale, p. 18.

Особое место в исследованиях Бера занимали опыты по парабיוзу, которые он относил также к одному из вариантов пересадки.

Модель трансплантации в этом случае решалась просто и изящно. Объектами опыта служили белые крысы. На коже живота у одной — справа, у другой — слева были сделаны продольные разрезы, кожные лоскуты удалены, а кровоточащие поверхности соединены швами и коллоидной повязкой. Через 5 дней животные оказались как бы сращенными друг с другом, напоминая сиамских близнецов. Бер так и назвал эту форму пересадки «трансплантация для сближения, или сиамская».

Такая пересадка явилась удобной моделью для демонстрации возможностей перекрестного кровообращения: лекарственные вещества, введенные одному животному, вызывали соответствующую реакцию и у другого. Бер многократно повторял свои опыты и констатировал, что возможно создание перекрестного кровообращения не только у животных одного вида, но и между животными различных видов, например пара крыса—кошка: белладонна, введенная в организм кошки с помощью клизмы, вызывала у крысы расширение зрачков. Беру не удалось получить аналогичные данные в паре крыса—морская свинка. Он не нашел и фактического объяснения этому явлению и лишь предположил, что развитию перекрестного кровообращения у такой пары животных могли препятствовать различия в размерах эритроцитов. Однако более интересным и, пожалуй, опережающим свое время можно считать утверждение Бера о том, что в неудачах пересадок подобного рода, как и в случаях несовместимости, выявляющейся при переливании крови, повинна «зоологическая дистанция» между видами. Не является ли эта мысль зачаточной формой представления о том, что в развитии реакции тканевой несовместимости на первый план выступают генетические различия внутри- и межвидового характера?

Идеи, заложенные в модели перекрестного кровообращения, актуальны до настоящего времени. Еще в середине XIX в. для физиологических исследований функции органа была введена и широко использовалась так называемая перфузия органов. Изолированные на месте, т. е. в организме животного, или же полностью удаленные из него органы промывались кровью другого животного или



Рисунки из работы «Пересадка органов»

различными растворами. Сохранив таким образом нормальную жизнедеятельность и функцию органов, можно было изучать их реакции на различные раздражители, фармакологические вещества и пр. Этот прием широко применяется и в современной трансплантологии. Он позволяет решать многие вопросы и прежде всего те, которые возникают при изучении ранних специфических и неспецифических реакций, проявляющихся в трансплантате и в организме реципиента. Например, метод перекрестного кровообращения со здоровым человеком-донором используется при изоляции сердца больного во время хирурги-

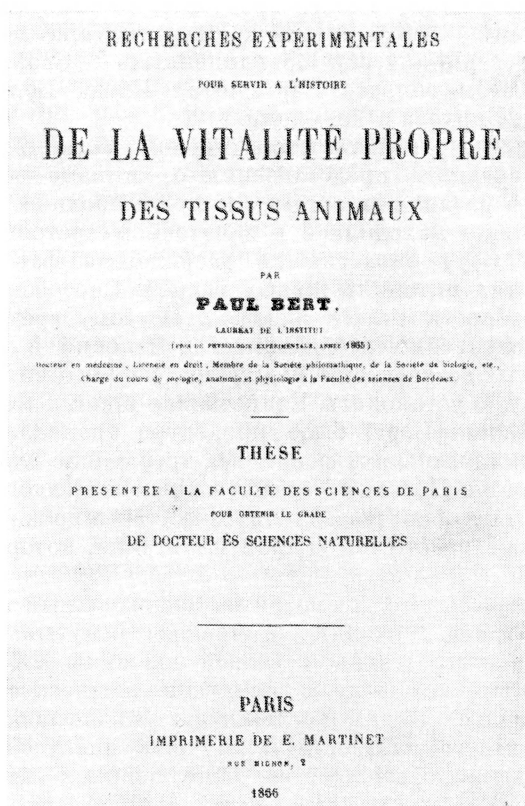
ческой операции. Разумеется, сейчас при выполнении такого рода процедуры учитываются группа крови донора и реципиента, ряд гемодинамических факторов, а также применяются магистральные кровеносные сосуды. Но основная идея о возможности достижения лечебного эффекта с помощью перекрестного кровообращения остается неизменной и в наши дни.

Бер считал, что со временем трансплантация займет большое место в физиологии и хирургии. Ученый пророчески предупреждал о необходимости учитывать в таких операциях самые разнообразные факторы, которые могут повлиять на благополучный исход: состояние здоровья донора и реципиента, их возраст, вид трансплантата, состояние его иннервации и пр.

Критика одобрила работу Поля Бера «О животном трансплантате». При этом подчеркивалось, что трансплантация может стать отправной точкой важного экспериментального метода, позволяющего не только выявить жизнеспособность тканей в особых условиях, но и изучить действие различных веществ на изолированные ткани. Эти вопросы получили дальнейшее развитие в докторской диссертации Бера «О жизнеспособности животных тканей» (1865 г.). Ученый обобщил в ней результаты своих экспериментов по выяснению влияния различных физических и химических факторов на способность живых тканей к осуществлению основных феноменов жизнедеятельности. Работа была посвящена памяти Пьера Гратиоле и любимым учителям Бера — Клоду Бернару и Мильн-Эдвардсу, научные концепции которых оказали большое влияние на формирование взглядов Бера как естествоиспытателя.

К моменту написания этой диссертации в естествознании уже были сформированы довольно четкие представления и термины, касающиеся феноменов, определяющих состояние жизнедеятельности целостного организма, заложены основы современных представлений о физиологии животных и человека. К 1865 г. было также известно, что ткани (или анатомические элементы) у животных, как и у растений, могут какое-то время существовать изолированно, т. е. иметь «собственную жизнь, независимую от тела, к которому они принадлежат»⁶.

⁶ Bert P. De la vitalité propre des tissus animaux. Paris, 1866, p. 2.



Титульный лист работы Поля Бера «О жизнеспособности животных тканей» — диссертации на соискание степени доктора естественных наук

Бер подчеркивал, что «анатомические элементы» тела, составляющие организм, расположены в определенной взаимосвязи и обладают различными формами специальной активности, которая проявляется лишь в определенных условиях. Он писал о необходимости углубленного познания сущности жизнедеятельности не только организма в целом, но и отдельных его частей. «Функции, выполняемые живыми существами, особенно те, которые представляются владеющими наиболее высокой степенью

единства, являются только продуктом динамической согласованности, синергии множественных анатомических элементов, гармонически объединенных»⁷. Своими учителями в этом вопросе Бер считал Клода Бернара во Франции и Вирхова в Германии.

Необходимо отметить, что в период, когда Бер писал свою диссертацию, представления о химизме обменных процессов в различных органах и их метаболических особенностях еще находились в зачаточном состоянии. Современная Беру биология не располагала фактами об «особенностях питания» живых тканей. Способов оценки жизнеспособности тканей не было. Поэтому время и характер наступления необратимых изменений в органах, подвергнутых воздействию модифицирующих агентов, было крайне трудно установить. Единственно приемлемой тогда, с точки зрения Бера, была процедура трансплантации; она позволяла выявлять феномены, требующие длительного наблюдения. Поэтому Бер для выявления закономерностей жизнеспособности различных тканей широко использовал в своей работе метод трансплантации, которым владел отлично.

Надо сказать, что, несмотря на значительный прогресс в области трансплантации органов, достигнутый нашими современниками — учеными второй половины XX в., многие вопросы, связанные с понятием жизнеспособность, еще не решены. До сих пор понятию «жизнеспособность» уделяется много внимания в научных дискуссиях, для его обсуждения организуются даже специальные конференции: ученым очень важно иметь единую точку зрения как на способы оценки пригодности органа для пересадки, так и для характеристики его состояния после пересадки. Однако достичь единства в этом вопросе пока не удается.

В этой связи уместно напомнить, что Бер обобщил результаты своих исследований по жизнеспособности живых тканей за 12 лет до появления в свет знаменитой работы Ф. Энгельса «*Анти-Дюринг*». В 1877 г. Ф. Энгельс выдвинул положение о том, что *«жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел»*⁸. Эта формули-

⁷ Bert P. De la vitalité propre des tissus animaux, p. 3.

⁸ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 82.

ровка не потеряла своего значения и в настоящее время, хотя за прошедшие с тех пор 100 лет многие положения естествознания, особенно в области молекулярной биологии, были пересмотрены. Если попытаться осмыслить положение Энгельса с позиций теории систем, то за первичный признак жизни, формулируемый как способность к самообновлению, следует признать такие качества, как способность к самоорганизации и самовосстановлению. Эта способность присуща многим биологическим системам на различных уровнях организации живой природы, поскольку черты самоорганизации и самовосстановления присущи и биохимическим системам, и клеточным органеллам, и клеткам, тканям, органам, физиологическим системам, организму как единому целому, и пр.

Используя метод трансплантации, как единственно доступное средство выяснения характера жизнеспособности различных животных тканей, Бер был фактически первым, кто обратил внимание исследователей на то, что отделенный от тела орган или часть тела, например лапа или хвост у теплокровного животного, равно как и ни один из анатомических элементов, составляющих этот орган, не погибает немедленно. Прямым доказательством жизнеспособности такого органа Бер считал проявление способности к росту, наличие чувствительности и другие свойства, которые такой изолированный орган может проявить спустя несколько дней и даже недель после его пересадки под кожу или внутривбрюшинно другому животному. Правда, особой четкостью взгляды Бера на этот вопрос не отличались: по его мнению, исчезновение отдельных свойств еще не есть сигнал о том, что орган в целом нежизнеспособен. Но сейчас, спустя свыше 100 лет, вряд ли следует быть особенно строгими к этим взглядам Бера, поскольку, как уже упоминалось выше, единой точки зрения на этот вопрос не существует и по сей день.

Уровень развития тогдашней науки не позволял Беру говорить об энергообеспеченности тканей, нарушение которой в условиях измененного кровообращения при пересадке постепенно приводит сначала к незначительным, а потом и более глубоким нарушениям процессов жизнедеятельности. Но восстановлению «условий питания» Бер отводил ведущее место.

Вульпиан (1864 г.) перевязывал у зеленой лягушки аорту на срок свыше трех часов. Спустя несколько часов

после восстановления общего кровотока он получал обратимость функциональных нарушений в конечностях. Бер считал, что такой же эффект можно было бы наблюдать в аналогичных опытах над новорожденными кроликами, но при условии, что в момент снятия зажима с аорты будет начато искусственное дыхание. Дискуссия о сроках наступления необратимых изменений в различных тканях не прекращается и в наши дни, и неудивительно — ведь установление факта жизнеспособности различных органов имеет большое значение не только при их пересадке, но и при лечении травм и хирургических вмешательствах.

Наш современник, известный французский хирург Лериш писал: «Проблема медленной гибели тканей, вызванной ишемией, пока что остается не вполне разрешенной, если рассматривать ее с точки зрения жизнедеятельности самих тканей. И хотя этот вопрос имеет большое практическое значение, хирурги оказались в нем заинтересованными сугубо практически. Теоретически они разрешили вопрос слишком радикально и вместе с тем элементарно...». Действительно, почему-то хирурги как-то ленились заниматься анализом и дифференцировать погибшую и погибающую ткань. Немногие из них в достаточной мере интересовались, каким образом и почему погибают ткани. Мне лично кажется, что ткани, прежде чем погибнуть, длительное время агонизируют»⁹.

В настоящее время в арсенале хирурга много приемов, позволяющих продлить жизнеспособность тканей, удлинить срок, в течение которого еще можно рассчитывать на восстановление функции органа, изолированного от организма. К ним относятся и различные способы консервации, в том числе охлаждение, а также использование аппаратов искусственного кровообращения, барокамер, различных консервирующих сред и растворов и пр.

Но во времена Бера для установления закономерностей, позволяющих сохранить жизнеспособность тканей, предпринимались лишь первые шаги. Основываясь на результатах собственных опытов, Бер сделал следующее заключение: характерные свойства той или иной ткани действительно исчезают довольно быстро, но совершенно очевидно, что эти потери находятся в связи с новыми

⁹ Лериш Р. Основы физиологической хирургии. Л.: Медицина, 1961, с. 98.

условиями, в которые попадает удаленный элемент; если тканям и органам создать подходящие условия, они смогут существовать так же, как и в организме.

Бер выделил три категории физиологических свойств. К одной из них относятся свойства, обеспечивающие движение, — чувствительность, рефлекторность, сократимость, двигательная функция. Изменение их анатомических связей дает немедленную реакцию. К другой категории относятся оплодотворение и развитие нового существа. Изменения этих свойств возникают медленнее, но они настолько очевидны и совершаются в таком масштабе, что их можно увидеть невооруженным глазом. Свойства третьей категории настолько интимной природы, что мало влияют на внешнее состояние органа, поэтому их крайне трудно констатировать. Крайне сложно уловить и их очень медленные изменения. По мнению Бера, свойства этой последней категории связаны с элементарным питанием клеток, т. е., говоря языком современной функциональной биохимии, их изменения следовало бы отнести к метаболическим.

В этом отношении Бер оказался, пожалуй, неплохим прорицателем — ведь и сегодня трансплатологи испытывают большие затруднения при определении состояния обменных процессов в изолированном органе перед пересадкой. Попытки прогнозирования степени обратимости патохимических сдвигов за так называемый период «острой ишемии» (т. е. за то время, пока трансплантат был полностью изолирован от системы кровообращения и, следовательно, не получал ни кислорода, ни питательных веществ, не имел возможности удалять продукты обмена вещества) далеко не всегда дают надежные результаты.

Кроме того, Бер как бы предвидел описанные уже нашими современниками «обмен для функции» и «обмен для себя», когда в одном случае изолированный орган сохраняет интенсивность обменных процессов в той степени, которая допускает возобновление функциональной активности сразу после восстановления в нем кровотока, в то время как в другом случае его жизнедеятельность существенно снижена. Поэтому после возобновления кровообращения в таком органе требуется некоторое, иногда довольно продолжительное, время для восстановления контролируемой функции. И пока функция не восстановилась, орган не в состоянии участвовать в общем ансамбле ор-

ганизма. Такой орган нельзя назвать «мертвым», хотя очень трудно судить о его жизнеспособности.

Анализируя перспективы существования пересаженного органа в новых условиях, Бер вводит понятия «внешние условия», отождествляя их с «условиями среды», и «внутренние условия», синонимом которых являются «элементарные свойства», подверженные изменениям со стороны внешних условий. И хотя в понятие «элементарные свойства» Бер не всегда вкладывает четкий смысл, основная идея об их изменчивости под влиянием внешней среды проводится в его работе достаточно последовательно.

Например, холод сначала замедляет, а затем ведет к исчезновению движений мерцательных ресничек, тогда как тепло способствует возобновлению двигательной активности. Поэтому, считает Бер, характеризуя то или иное свойство живой ткани, следует обязательно назвать условия, соблюдаемые при постановке эксперимента. Нельзя просто говорить о сократимости миофибрилл. Нужно обязательно указывать, например, температурные условия, поскольку при температуре выше 45°C у млекопитающих сократимость исчезает. По существу, Бер подошел к исследованию проблемы консервации органов, заложил основы представлений, не потерявших своей актуальности и в наши дни.

В своей диссертации Бер ставил цель не только собрать новый материал для демонстрации «жизненной независимости» тканей, но и изучить действие различных сред на сохранность свойств живой ткани, или, иными словами, выяснить сопротивляемость их свойств к влиянию различных сред. Свои опыты он проводил на белых крысах, которые по ряду видовых свойств (небольшой размер, дряблость кожи, низкая способность к нагноению) представляли удобный биологический материал для пересадки (правильнее сказать, подсадки) фрагментов различных органов в подкожную клетчатку. Реже эта же манипуляция производилась внутрибрюшинно. Основным видом трансплантата служил хвост крысы, пересаженный подкожно на спину (по средней линии) другой крысе. В качестве критерия успеха служил факт роста в новых условиях — регистрируемый рост Бер считал главным признаком сохранения жизнеспособности пересаженного органа.

Много внимания Бер уделял температурному фактору. К этому времени он хорошо знал, что при температуре 51—52°C птицы погибают; но гибнут ли при этом кости, сухожилия, мышечные элементы? Оказалось, что температурные условия гибели различных тканей различны. Особенно благоприятные результаты удалось получить при охлаждении будущих трансплантатов: хранение в течение 22—48 час при температуре 11—12°C не только на воздухе, но и в воде, не снизило способность крысиного хвоста к росту после пересадки. Бер пересаживал органы и от трупа, причем брал их даже спустя 20—30 часов после смерти животного. И всегда экспериментатор наблюдал все тот же эффект роста, при условии, что до момента трансплантации органа в труп зверька не отмечалось повышения температуры.

Бер не определил предел допустимого снижения температуры, совместимый с жизнеспособностью тканей. Однако его опыты крайне интересны, поскольку при всей своей примитивности открывали перспективы так называемой холодной консервации, последняя уже в наше время получила большое развитие в самых различных вариантах применительно к любому трансплантируемому органу не только в эксперименте, но, что гораздо важнее, — в клинике.

Стремясь шире подойти к разработке поставленных вопросов, Бер проделал много экспериментов по изучению влияния различных газов на поведение трансплантата. Ученый показал, что взятые в качестве сред хранения кислород и водород не задерживали роста пересаживаемого органа даже при сроке его хранения свыше двух суток. Не оказала токсического влияния на трансплантат также и смесь кислорода (до 80%) с азотом. Несколько хуже трансплантат сохранялся в атмосфере углекислого газа; правда, снижение температуры трансплантируемого органа до 11—15°C позволяло продлить срок его хранения до 47 час.

Другие газообразные вещества — пары фенола и бензина способствовали перерождению трансплантата по типу жировой дегенерации, а эфир, аммиак, угарный газ вызывали его полное разрушение. Бер получил отрицательный эффект и при использовании углекислоты, сероводорода, паров серной кислоты. По мнению ученого, такой результат был следствием кислой реакции этих

веществ. Плохо сохранялся трансплантат и в растворах нейтральных солей: даже относительно низкие их концентрации вызывали повреждение его тканей.

Большим преимуществом исследований Бера по изучению жизнеспособности трансплантатов по сравнению с другими работами в этой области является длительность наблюдений. Именно это обстоятельство позволило ученому сделать следующий важный вывод: используемый методический прием — подсадка ткани или кусочка органа, при которой, по его мнению, сохраняется способ «питания тканей» в живом организме, — удобен для оценки жизнеспособности трансплантата, предварительно подвергнутого различным воздействиям. Интересно, что Бер даже подметил вращение сосудов и восстановление нервных связей между трансплантатом и реципиентом. Свою диссертацию он документировал иллюстрациями, подтверждающими эти факты.

Первые шаги Бера на научном поприще ярко свидетельствуют о его незаурядности как исследователя, о его умении анализировать и обобщать научные факты, делать смелые выводы, зачастую опережающие эпоху, в которой он жил и творил.

Конечно, нашим современникам многие из его опытов кажутся примитивными, пожалуй, даже излишне экзотичными. Но ведь во времена Бера еще не был разработан сосудистый шов, который давал возможность хирургам выполнить основное требование к трансплантации органа или ткани, которое постулировал Бер, — дайте трансплантату «условия питания». близкие к естественным, и он сохранит свои жизненные свойства.

К сожалению, Бер не продолжил свои исследования в области трансплантации органов и выяснения их жизнеспособности. Развитие его научной мысли пошло в ином направлении. Однако основные идеи ученого о жизнеспособности тканей, о влиянии на них различных факторов, в том числе измененной газовой среды, видимо, явились той основой, на которой впоследствии были созданы и разработаны его фундаментальные исследования в области изучения роли барометрического фактора в жизни животных и растений, анестезиологии и др.

Ботанические наблюдения и опыты

Деятельность Бера-биолога пронизывает идея о единстве процессов жизнедеятельности в животном и растительном организмах. Само желание ученого обосновать понятие о «животной прививке», наряду с общеизвестными садоводам и растениеводам прививками растений, указывает на стремление углубить параллелизм между двумя царствами природы. Так же, как Ч. Дарвин и многие другие крупные биологи того времени, Бер понимал, что ни эволюционная, ни любая иная общебиологическая теория не могут приобрести законченного вида без своей проверки также и на ботаническом материале. Так же, как Ч. Дарвин, Бер обратил особое внимание на издавна загадочные явления, сближающие животных и растения в их способности к движению — признаке, который на первый взгляд наиболее явно противопоставляет их друг другу.

Начало исследований различных проблем, связанных с темп или иными видами движений у растений, восходит к XVIII в. Именно тогда К. Линней впервые заявил о «сне растений», имея в виду случаи неодинакового расположения органов растения в дневные и ночные часы, т. е. никтинастические движения. О «сне растений» Линней говорил в буквальном, а не метафорическом смысле, отождествляя его со сном животных. В этот же период опыты по выяснению причин гео- и фототропических движений, а также ритмов движения проводил Ш. Бонне. Однако его данные внесли мало нового, и наблюдения К. Линнея по вопросу о движении листьев долгое время оставались главным источником знания в этой области, а понятие о сне растений (в переносном смысле) удержалось в литературе и до наших дней.

Следует упомянуть также работы Г. Л. Дюамеля (1758 г.), изучавшего ритмические (эндогенные), а также вызываемые внешними стимулами движения. Он считал, что ритмические движения листьев происходят и в постоянной темноте, т. е. при отсутствии чередования периодов света и темноты.

В начале XIX в. интересные исследования о механизме движений листа провел во Франции И. Дютроше. Его опыты оказали большое влияние на последующее разви-

тие проблемы. К этому же периоду относятся и эксперименты английского ботаника К. Найта, установившего в 1806 г., что причиной ориентации в пространстве корней и стеблей является сила притяжения. Под ее влиянием стебли направляются вверх, а корни — вниз, т. е. первые обладают отрицательной, а последние положительной геотропической реакцией. Найт указал также на наличие у растений положительных и отрицательных фототропических реакций. Однако при объяснении их причин он, как и Дютроше, ограничивался чисто механическим подходом. Это придало их трудам, как, впрочем, и работам по фитодинамике многих авторов первой половины XIX в., несколько односторонний, механический характер.

Среди ботаников первой половины XIX в. острую дискуссию вызвал вопрос о причинах движений у растений, прежде всего у мимозы, в основном спор развернулся между сторонниками гипотезы Дюамеля (ранее ее высказал и Ж. Турнефор), считавшего, что растения движутся по принципу сокращающихся мышц, роль которых могут играть гигроскопические сосудистые образования, и сторонниками теории Дютроше, склонными видеть причину движения растений (в том числе ритмических и искусственно вызываемых) в изменении тургора клеток, который определяется соотношением экзосмоса и эндосмоса. В середине XIX в. вспыхнули споры в связи с работами Брюкке, установившего различие в характере движений листьев мимозы, вызываемых раздражением и начинающихся с наступлением вечера, и с трудами Ю. Сакса (1832—1897), подошедшего к решению этих вопросов с адаптивно-функциональной точки зрения.

В целом можно сказать, что к середине XIX в. основные формы движения высших растений были описаны по крайней мере с внешней стороны. Наблюдения за периодическими движениями органов растений, например, за изменениями их положения в зависимости от смены дня и ночи, или за движениями, вызванными действием непосредственного раздражения, велись уже давно, но оставались как бы в тени, не в центре внимания экспериментаторов. Ботаники долгое время были увлечены проблемами анатомии, морфологии и систематики растений. Вопросам фитодинамики, т. е. описания механики движения растений, большинство ботаников вплоть до

середины XIX в. не придавали первостепенного значения¹⁰.

Положение изменилось в начале второй половины XIX в. в результате совершенствования методов физиологии растений и в связи с постановкой новых вопросов, связанных с экологией и эволюционным значением движений растений. В 1865—1875 гг. исследованиями в области фитодинамики занимались Ч. Дарвин и его сын Ф. Дарвин. Одновременно над данной тематикой работал и Бер. Исследования Бера и Дарвинов проводились независимо друг от друга, а основные публикации Бера о движениях растений появились даже несколько раньше дарвиновских трудов о мимозе. Правда, работы Ч. Дарвина в этой области по своей проблематике шире, чем работы Бера, и охватывают разные виды движения: фото- и геотропические, никтинастические и т. п., причем Ч. Дарвин изучал и распределение способности к никтинастическим движениям среди растений в зависимости от их систематического положения.

Интересно, что в связи с попытками выявить влияние анестезирующих веществ (серного эфира) на натационные движения у гороха и у пассифлоры Ч. Дарвин опирается на труды Бера и цитирует их. Дозы анестетиков, примененные Ч. Дарвином, оказались недостаточными и не дали заметного результата. Это отмечал и Ч. Дарвин, сравнивая итоги своих опытов с наблюдениями Бера над мимозой, оказавшейся более удобным объектом¹¹.

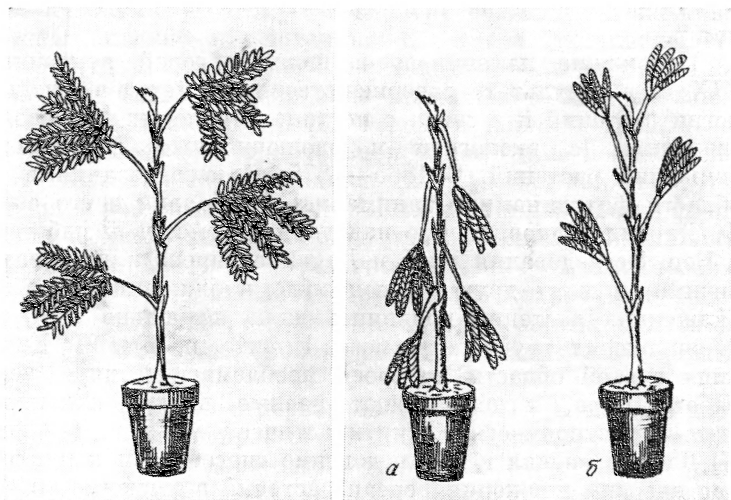
Во второй половине XIX в. было проведено немало и других исследований проблемы движений растительного организма. Их обзор в свое время сделал Н. Г. Холодный¹². В этой связи необходимо отметить ценный вклад, внесенный в решение этой проблемы русскими биологами¹³.

¹⁰ См.: *Sachs J. Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860.* München, 1875, S. 578—608.

¹¹ См.: *Дарвин Ч.* Лазящие растения.— Соч. М.: Изд-во АН СССР, 1941, т. 8, с. 138.

¹² См.: *Холодный Н. Г.* Чарлз Дарвин и учение о движениях растительного организма.— Дарвин Ч. Соч., т. 8, с. 5—34.

¹³ См.: *Рачинский С. А.* О движениях высших растений. М., 1858, с. 63; *Баталин А. Ф.* Механика движения насекомоядных растений. СПб., 1876; *Ротерг В. А.* О движении у высших растений. Казань, 1890; *Арциховский В. М.* Раздражимость и органы чувств у растений. СПб.; М., 1912.



Мимоза в состоянии покоя при дневном свете. Рис. Поля Бера

Мимоза под действием дневного света (а) и в состоянии покоя в ночные часы (б). Рис. Поля Бера

Область своих опытов Бер ограничил никтинастическими и сейсмонастическими движениями органов растений. Под никтинастическими движениями, или никтинастиями, обычно понимают движения листьев или лепестков, связанные со сменой дня и ночи; под сейсмонастическими, или сейсмонастиями,— движения, представляющие собой реакции органов растения на сотрясение или прикосновение. Обе эти категории движений относятся к настиям — движениям в ответ на действия раздражителей, не имеющих определенного направления, в отличие от тропизмов — движений или одностороннего роста в направлении, задаваемом внешним раздражителем. Бер избрал мимозу в качестве тест-объекта не случайно. Листья этого растения способны к двум видам движений: никтинастическим и сейсмонастическим. Бер на примере мимозы пытался решить ряд важных общебиологических проблем, например, уточнить анатомию и морфологию физиологических механизмов движения растений, изучить их сейсмо- и никтинастические реакции. Анатомия и морфология мимозы к тому времени были достаточно подроб-

но описаны, и Бер, по его словам, смог внести в этот вопрос лишь некоторые уточнения. Основные результаты его наблюдений над мимозой касаются физиологической стороны движений растения.

Как известно, у оснований листового черешка первого порядка и у оснований многочисленных листочков второго порядка мимозы находятся сочленения, так называемые подушечки. В зоне этих подушечек и происходят изменения, приводящие к сейсмонастическим или никтинастическим движениям листа. Правда, как отмечал Бер, уже во время его опытов в печати появились данные о том, что листья мимозы обладают двумя видами «настии» — сейсмо- и никтинастией, но автор еще не знал об этих работах, когда выполнял свои опыты¹⁴. Считалось, что оба указанных вида движения листьев тождественны по своей природе: если никтинастические, медленные движения принимались за натуральный сон растений, то сейсмонастические — за сон, вызванный искусственно или внешним стимулом.

Бер провел серию экспериментов по выявлению особенностей этих типов движений. В ходе опытов выяснилось, что в дневное время дважды раздельно-перистые листья мимозы направлены по отношению к стеблю под большим или меньшим углом кверху. Отдельные перья листа лежат в одинаковом направлении, и в целом лист напоминает веер. В ночное время основные черешки изгибаются вниз так, что листья «приобретают повислый вид», а отдельные супротивные перья листа попарно прижимаются один к другому. Эти медленные движения определяются изгибанием подушечек черешка первого порядка основного листа и черешков второго порядка, т. е. «перьев». Свои наблюдения Бер описал следующим образом: «Днем листочки мимозы широко расставлены, а черешки ее листьев полуприподняты. После сильного раздражения листочки складываются, а черешки опускаются... При слишком резком раздражении листьев мимозы их черешки становятся вялыми, и, наоборот, твердыми и упругими они становятся при их опускании. То, что ранее описывалось как ночное состояние у мимозы, это на самом деле лишь завершение дневного периода,

¹⁴ См.: Bert P. Recherches sur les mouvements de la Sensitive (*Mimosa pudica* Linn.).— Мém. Soc. sci. phys. et natur., 1866, p. 11-46.

в течение которого черешки склоняются все больше и больше. Наоборот, к 9—10 час. вечера они быстро поднимаются и достигают максимального выпрямления в период от полуночи до двух часов ночи, после чего они вновь начинают опускаться. Мне удалось проследить смену этих состояний в течение многочисленных наблюдений, одно из которых продолжалось 17 ночей и 18 дней. Несомненно, что эти движения связаны с действием света, и, действительно, ярко освещая мимозу ночью, я наблюдал, что листочки сохраняют состояние максимального подъема; и наоборот, при ее содержании в темноте суточные колебания уменьшаются, листья останавливаются в склоненном положении, а через несколько дней содержащееся в темноте растение может даже погибнуть»¹⁵.

Листья мимозы примечательны еще и тем, что под влиянием химического или другого вида раздражения меняют свое пространственное расположение, производят сейсмонастические движения. Черешок листа опускается, а черешки второго порядка производят движение, при котором листочки пера складываются попарно вместе. Следовательно, лист мимозы обладает своеобразным устройством, ответственным за его движение. Бер попытался раскрыть физиологические причины, в силу которых осуществляется двигательная функция у мимозы. Это направление исследования оказалось весьма плодотворным.

Первое, на что обратил внимание Бер, было различие в причинах и механизме никтинастического и сейсмонастического движений. Анализируя динамику этих процессов в ходе специальных опытов с применением ингибиторов, Бер заметил, что никтинастическим движениям присущ циклический характер. В течение суток листья мимозы описывают определенную траекторию, характеризующую никтинастическое движение. Вечером лист опускается; затем, несколько ранее полуночи, начинает подыматься; днем его черешок снова опускается на определенный угол, который бывает большим, нежели в утренние часы, но меньшим, чем в вечерние. Сейсмонастические движения характеризуются сходным режимом: во время этих движений листья совершают пространственные перемещения, аналогичные тем, которые имеют

¹⁵ Bert P. Recherches sur les mouvements de la Sensitive, p. 239—241.



Джагадис Чандра Бос

место при никтинастиях. Правда, при сейсмонастиях процесс происходит как бы в ускоренном виде.

Желая убедиться в достоверности наблюдаемых различий в динамике движений, Бер применял различные вещества. Он полагал, что некоторые из них дадут определенный результат и проявят избирательное действие в отношении этих движений. Сверх его ожиданий для этой цели оказался пригодным серный эфир. Растения, находясь под колпаком в парах серного эфира, теряли способность к сейсмонастическим движениям; никтинастические движения при этом сохранялись. Растения переходили в состояние, когда листья, совершая движения по суточному ритму, не отвечали на механическое раздражение сейсмонастическими движениями. Было подмечено, что серный эфир оказывал в отношении сейсмонастических движений обратимое действие. Удаленные из среды эфирных паров растения снова восстанавливали способность к сейсмонастическим движениям: под влиянием механического раздражения их листья опускались вниз, а супро-

тивные перья листа попутно сближались, напоминая полураскрытый веер¹⁶.

Отметим, что спустя несколько десятилетий эти данные были полностью подтверждены индийским ученым, классиком физиологии растений Дж. Босом в его работе о «нервном механизме» у растений. Среди испытанных им различных ядов серный эфир проявил особые свойства: умеренные дозы паров серного эфира не только не угнетали роста растений, но даже ускоряли его. Бос получил четкие результаты, свидетельствующие о том, что при дозах эфира, не убивающих растений, последнее теряет свою возбудимость. Но когда пары этого наркотика улетучивались, к растению постепенно возвращалась обычная чувствительность¹⁷.

Наиболее удобной моделью для исследования механизма движения листа оказалась сейсмонастическая реакция.

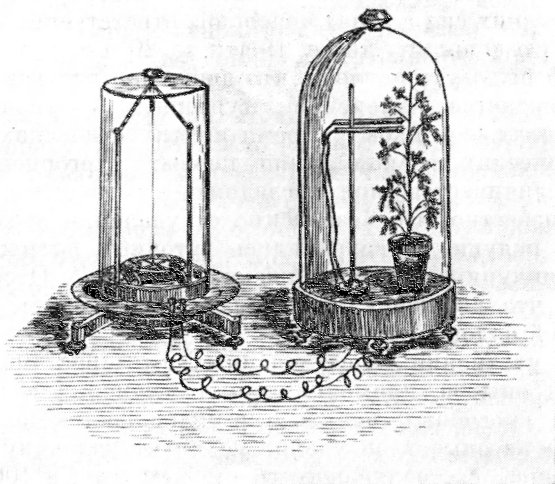
Бер подтвердил наличие у мимозы следующих звеньев сейсмонастических движений: *раздражение, передача раздражения, ответная фаза реакции*. Органами, которые наиболее чувствительны к раздражению, являются подушечки основного черешка листа и черешков перьев листа. Способность раздражимости, по данным Ю. Сакса, зависит от температуры. Бер лишний раз засвидетельствовал, что при пониженных температурах, как и при повышенных, которые также отрицательно влияют на растение, способность раздражения теряется; передача возбуждения может происходить по всем направлениям, но ее скорость — больше в базипетальном, чем в акропетальном направлении. Это касалось как листьев, так и стебля.

До Бера скорость передачи возбуждения у мимозы измерял И. Дютроше. Он нашел, что раздражение передается со скоростью 8—15 мм/с в листьях и 2—3 мм/с — в стебле. Согласно Беру, скорость передачи раздражения оказалась меньшей — 2 мм/с. Сейчас установлено, что данные о величине скорости передачи раздражения, полученные Бером, являются заниженными, и обычно возбуждение передается со скоростью 4—30 мм/с¹⁸.

¹⁶ Bert P. Recherches sur les mouvements de la Sensitive, p. 11-46.

¹⁷ См.: Бос Дж. Ч. Избранные произведения по раздражимости растений. М.: Наука, 1964, т. 1, с. 212—218.

¹⁸ Бос Дж. Ч. Избранные произведения..., т. 1, с. 237—251.



*Термоэлектрический метод измерения температуры у мимозы.
Рис. Поля Бера*

Однако Бер стремился главным образом не к определению абсолютной скорости передачи раздражения, которая меняется в зависимости от свойств отдельного растения, факторов среды и т. д. Его основной целью было показать наличие у растений и животных аналогичных систем восприятия и реализации эффектов раздражения. В этом несомненное общебиологическое значение данных работ ученого.

Говоря о раздражении, мы имели в виду главным образом механические раздражители. Однако общие выводы, сделанные Бером, можно отнести и к другим видам раздражителей: при использовании их нередко получался один и тот же конечный результат, хотя ученый применял весьма различные раздражители: механические (соприкосновение, укол, надрез), физические (тепло, электричество) и химические (кислоты и другие соединения). Описав реакции или динамические процессы, происходившие в ответ на раздражение, Бер перешел к изучению более глубоких закономерностей двигательного процесса у растений, стремясь приблизиться к адекватному пониманию его сущности, проявляющейся в сейсмониктинастических движениях.

Первое, что привлекло внимание Бера, это состояние осмотических сил в зонах черешков, ответственных за двигательную функцию листа. Почти за 20 лет до его исследований было установлено, что движение листьев мимозы сопровождается изменением тургорных соотношений в подушечках черешков во время никтинастических и сейсмонастических реакций: при первых тургорное давление увеличивается, при последних — уменьшается. Было также известно, что независимо от удаления верхней половины подушечки сохранялись суточные ритмы движения и индуцированные движения листьев¹⁹. Отсюда вытекало, что движение определялось изменением тургора в нижней половине подушек.

Для уточнения вышеуказанных факторов Бер проделал ряд опытов, применив воду и глицерин в качестве средств, способных менять тургорное состояние клеток. В одном из опытов он удалил верхнюю половину подушки черешка, составляющего со стеблем угол в 100° , и нанес на поверхность среза каплю глицерина. В результате через 10 мин угол изгиба уменьшился до 50° . При нанесении на срез капли воды тургор в клетках увеличивался и угол между листом и стеблем повышался с 85° до 120° . После повторной обработки черешка глицерином угол снижался до 60° , а вечером, спустя 8 час от начала опыта, принимал первоначальное положение. Повышение тургорного давления не нарушало реакции на раздражение — листья оставались сейсмонастически чувствительными²⁰.

Опыты Бера и других исследователей природы движения у растений вскрыли причину этого явления: в клетках, ответственных за движения, меняется тургор, т. е. становится иным натяжение клеток. В этом заключается важнейшее различие между движениями растений и животных, поскольку у последних двигательную функцию осуществляют мышцы, способные сокращаться.

Силы тургора выполняют определенную работу. Бер пытался определить их экспериментально, используя нагрузку листа, вызывающую изгиб черешка и равную по величине нагрузке при сейсмонастических движениях листа. Оказалось, что лист, совершая движения, выполня-

¹⁹ См.: *Sachs J. Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860.*

²⁰ См.: *Bert P. Recherches sur les mouvements de la sensitive...*, р. 38-42.

ст значительную работу, невозможную без определенного источника энергии. Перед исследователем встал вопрос о непосредственном использовании понятия «превращение энергии» для изучения двигательного процесса у растений.

Видимо, Бер имел достаточно четкие представления по этому вопросу. Его работы относятся к тому периоду, когда закон сохранения и превращения энергии окончательно утвердился в биологической науке благодаря исследованиям Р. Майера и особенно Г. Гельмгольца. Для Бера было очевидно, что при работе листа, как и при работе мышц, использование химической энергии ведет к выделению теплоты. А как быть с количественным измерением хотя бы изменения температуры во время движений листа? Естественно, для измерения незначительных отклонений температуры обычные термометры оказались непригодными. Тогда Бер, при содействии физика П. Румкорфа, разработал специальный термоэлектрический инструмент, и с его помощью измерял колебания температуры листа посредством термопар, которые в виде игл вводились в ткань черешка. Этот наиболее чувствительный инструмент применяется в физиологии и в настоящее время с целью измерения незначительных отклонений температурных параметров растения.

Одним из первых результатов измерений Бера стало установление факта неодинаковой температуры различных тканей стебля и листа растения. В подушечках черешка температура была ниже, чем в прилегающей зоне стебля или в отдельных междоузлиях. Кроме того, собственная температура растения оказалась непостоянной в течение суток, но эти ничтожные колебания трудно было измерить. Бер не смог измерить температуру перьев листа, но правильно предположил, что из-за транспирации она будет пониженной по сравнению с температурой стебля.

Эти весьма оригинальные опыты Бера явились одними из первых в этом роде. Проводя их, ученый не просто сравнивал температуру в отдельных органах растения. Его интересовал характер связи между движением листа и возможным выделением энергии в виде повышенной температуры ткани, ответственной за двигательную функцию. Бери удалось установить два возможных пути превращения энергии. Во время никтинастических движений

листа температура подушечек черешка была ниже, чем в стебле, и снижалась по мере движения листа. При опускании листьев в сочленениях черешков тургор падал, объем клеток уменьшался и клеточный сок выдавливался в межклетники. Возможной причиной понижения температуры сочленений черешка могло быть и испарение воды. Беру удалось показать, что процесс идет с использованием энергии. Среди химических реакций в таком случае должны преобладать не реакции окиссации, а реакции восстановления, гидратации и дегидратации, для которых характерно превращение химической энергии в тепловую.

Природу сейсмонастических движений листа Бер рассматривал в связи с превращениями, которые определяются химическими процессами, происходящими с выделением тепла, т. е. реакциями с преобладанием окисления. При изучении никтинастических движений избранные Бером приемы измерения температурных сдвигов не могли дать определенных данных о биохимических превращениях, сопровождающих использование энергии растением. Выяснить этот вопрос еще предстоит современным исследователям. Однако в своем стремлении связать сейсмонастические движения с превращением энергии Бер далеко опередил свое время.

В наши дни эксперименты Бера привлекают к себе заслуженный интерес особенно в плане исследований биологических систем превращения энергии. Сейчас известно, что и животные, и растения, включая бактерии, используют для выполнения процессов, требующих энергозатрат, циклы превращения аденозиндифосфорной и аденозинтрифосфорной кислоты. В частности, к опытам Бера непосредственно примыкают эксперименты М. Н. Любимовой (1899—1975)²¹. Вместе с сотрудниками она изучила изменение содержания АТФ в подушечках листьев мимозы, где находятся моторные клетки, определяющие двигательную функцию листа. Оказалось, что подушечки обладают повышенной концентрацией АТФ (19—24 мкг АТФ на 1 г сырого веса), причем больше АТФ содержится в тех из них, которые активно участвуют в движении

²¹ См.: Любимова М. Н., Демьяновская Н. С., Федорович И. Б., Игомленские И. Б. Участие АТФ в двигательной функции листа *Mimosa pudica*.— Биохимия, 1964, вып. 4, 29, с. 774—779.



М. Н. Любимова

листа. Движение листа, вызываемое механическим раздражением, ведет к резкому снижению (до 30—50%) концентрации АТФ в подушечках. В дальнейшем, когда раздражение листа прекращается, содержание АТФ в них снова восстанавливается, приближаясь к первоначальному уровню. Эти и другие данные, полученные в опытах с растительными объектами, указывают на определенную аналогию их движений с двигательной функцией мышц животных, у которых поставщиком энергии также является АТФ.

За счет каких веществ меняются осмотические параметры клеток? Какие химические соединения используются в качестве источника энергии при осуществлении двигательной функции? Определяются ли никтинастические движения только сменой суточного фотопериода, и обладают ли отдельные лучи света (различные участки спектра) различным эффектом действия в отношении движения листа? Эти вопросы встали перед Бером, когда он продолжил исследования движений у растений. Ученый постарался дать на них наиболее исчерпывающие ответы, поставив серию специальных опытов.

Опытам предшествовала разработка гипотезы о том, что вещества, участвующие в регуляции осмотического давления в клетках, создаются на свету. Эти же вещества используются и в качестве источника энергии для совершения работы в движениях. Таким веществом Бер считал крахмал, который при гидролизе дает глюкозу, а последняя и составляет осмотически активное соединение. Следовательно, по мысли Бера, изменение соотношений крахмала и глюкозы в клетке меняет силу осмоса и тургор клеток. Это принципиально верное положение не потеряло своего значения и в наши дни: осмотическое давление аналогично газовому давлению, будучи пропорционально числу частичек растворенного вещества в определенном объеме растворителя. Оно не зависит от природы и веса или от величины этих частичек. Если рассматривать клетку как определенный объем, в котором растворяется активное вещество, определяющее осмотическое давление, становится очевидным, что принятая Бером система крахмал-глюкоза вполне отвечает этим требованиям.

Свет в опытах Бера рассматривался и как источник энергии для синтеза углеводов, и как возможный непосредственный раздражитель. В этой связи следует отметить серию его экспериментов с использованием светофильтров.

Какая часть спектра необходима для поддержания в растениях нормальных физиологических процессов способности к движению: область видимого или инфракрасного излучения, дающая наибольшее количество тепла, или та часть спектра, к которой наиболее чувствительна сетчатка глаза, или, наконец, коротковолновые лучи, химически наиболее активные? В поисках ответа на этот вопрос Бер вышел за рамки проблемы движения растений и коснулся таких общефизиологических аспектов, как влияние лучей различной длины волны на усвоение растениями углерода, образование и разрушение хлорофилла и т. п.

Для исследования активности отдельных частей спектра света можно было пользоваться двумя методами: разложением пучка света на части спектра с помощью стеклянной призмы или же применением экранов из цветного стекла (или из цветных растворов), которые пропускали бы часть спектра с известной длиной волны. Бер пред-

почел второй метод, хотя и сознавал, что он не позволит получить монохроматический пучок света. В этом отношении пригоден первый, спектроскопический метод, но его применение было связано с рядом технических трудностей, преодолеть которых Бер не смог. Впервые безуспешно использовать спектральный метод в исследовании физиологических процессов у растений удалось, как известно, только К. А. Тимирязеву²². В значительной мере в результате этого использования К. А. Тимирязев и пришел к своим классическим открытиям в области фотосинтеза. Интересно, что Бер одним из первых оценил²³ высокое значение опытов Тимирязева, показавших наибольшую интенсивность фотосинтеза в красных лучах.

Но вернемся к опытам Бера. В них он использовал красный, желтый, зеленый, фиолетовый и синий фильтры. Они пропускали далеко не монохроматический свет, хотя Бер сознавал необходимость его использования для подведения окончательных итогов. Наибольшей однородностью света отличались красные фильтры, затем шли желтый, зеленый и т. д. Красные лучи оказались наиболее благоприятными для роста, жизнедеятельности и движений мимозы. Растения, находившиеся продолжительное время на красном свете, сохраняли оба описанных выше вида движений.

Бер обнаружил и формативное влияние света на растения: на красном свете они росли, но их стебли чрезмерно вытягивались в длину. Растения мимозы, росшие в условиях зеленого освещения, не отличались от тех, которые находились в темноте: они теряли способность к движениям и через некоторое время погибали.

Вот как Бер описал один из своих опытов по выяснению реакции растений на освещение лучами ограниченного участка спектра: «Я помещал мимозу в аппарат, устроенный наподобие фонаря, снабженного цветными стеклами. Велико было мое удивление при виде того, что в аппарате, освещенном одними зелеными лучами, растение за три-четыре дня почти так же быстро, как и в полной темноте, теряет чувствительность и жизнь.

²² Сенченкова Е. М. К. А. Тимирязев и учение о фотосинтезе. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 75—98.

²³ См.: Bert P. La lumière et les êtres vivantes.— In: Bert P. Leçons, discours et conférences. Paris, 1881, p. 248.

Я повторял эксперимент на растениях, относящихся к различным семействам и характеризующихся весьма различным жизненным ритмом: результат был одним и тем же, смерть в течение нескольких недель поражала все растения, закрытые зеленым стеклом. Заметьте, что мои зеленые стекла пропускали все цвета спектра, но, конечно, с преобладанием зеленого. Заметьте еще, что речь идет об истинно зеленом свете, а не о том кажущемся, который наше зрение воспринимает, когда объект освещен одновременно синими и желтыми лучами. Такой зеленый цвет не убивает растения.

Констатируя этот любопытный факт, я тотчас же нашел ему очень простое (по моему мнению) объяснение. Если листья имеют зеленую окраску в отраженных или проходящих лучах, то это означает, что из всех участков спектра они отражают или пропускают как бесполезные именно зеленые лучи. Если же, сказал я себе, им ничего не давать, кроме этих неиспользуемых лучей, то неудивительно, что растения гибнут: для них такое освещение равносильно темноте. Еще глубже уверился я в этом, когда в дальнейшем эксперименте господина Кайте доказали, что за зеленым стеклом листья не разлагают углекислоты. В действительности, однако, дело обстоит еще сложнее. Совсем недавно г-н Тимирязев провел новые очень точные исследования, из которых сделал вывод, что максимум восстановительного действия света на угольную кислоту расположен в красном участке спектра, содержащем лучи, наиболее интенсивно поглощаемые хлорофиллом»²⁴.

Здесь Бер также подчеркнул немонахроматичность источника света и отметил в этой связи значение высокоточных опытов К. А. Тимирязева (видимо, имеется в виду его диссертация «Об усвоении света растением», 1875 г., а также последующие работы).

В своей лекции «Современное состояние наших сведений о функции хлорофилла», прочитанной на Международном ботаническом конгрессе в Петербурге в мае 1884 г., Тимирязев отметил приоритет методики, примененной Полем Бером в исследованиях реакции растений на разные участки спектра, перед аналогичной методикой

²⁴ Bert P. Recherches sur les mouvements de la sensitive..., p. 247—248.

И. Рейнке²⁵. В опытах Бера, согласно формулировке Тимиразева, впервые была «устранена *экспериментально* погрешность, вытекающая из неравномерной дисперсии», хотя прием Бера, преимущественно использовавшего не призму, а цветные фильтры, «неудобен в том отношении, что при нем опыты производятся не одновременно, а последовательно и потому требуют, чтобы напряжение света (солнечного) в течение всего опыта было постоянно»²⁶. Свой призматический метод Тимиразев считал дальнейшим усовершенствованием предложенного в 1878 г. «остроумного метода Поля Бера, который состоял в собирании лучей света, предварительно разложенных призмой»²⁷.

Ненамного лучше, чем при зеленом освещении, развивалась мимоза и в условиях коротковолновой области спектра: растения сохраняли зеленую окраску, но почти не росли и были близки к гибели. Объясняя причину неодинакового роста и жизнедеятельности растений в зависимости от участка спектра света, Бер предположил, что физиологическая активность света зависит от способности растения к поглощению света именно данной длины волны. Для своей жизнедеятельности мимоза использует все лучи, входящие в состав белого цвета, за исключением зеленых. Последние для нее равнозначны темноте, ибо хлорофилл их не адсорбирует.

Влияние света различного спектрального состава на жизнь мимозы Бер рассматривал в обобщающей форме, считая, что обнаруженные им особенности относятся и к другим высшим растениям. При этом он полагал, что рост, например, различных ярусов леса как сообщества растений во многом определяется качеством света, который получают растения, занимающие нижние ярусы. Позднее экологи обращали основное внимание на количественную сторону явления: в самом деле, верхние ярусы сообщества частично затемняют нижние и, лишая их некоторой доли света, дают возможность роста только теневыносливым растениям. При особенно густых верхних ярусах нижние могут быть весьма обеднены: например, в буковом лесу травяной покров очень скуден. Но качественная сторона этого явления, его связь с изменением

²⁵ См.: Тимиразев К. А. Соч. М.: Сельхозгиз, 1937, т. 1, с. 372, 380.

²⁶ Там же, т. 2, с. 251.

²⁷ Там же, с. 261.

спектрального состава света при прохождении через верхние ярусы леса до настоящего времени не вполне выяснена.

Бер показал также неравнозначность состава светового потока лучей в отношении движений листа мимозы. Опыты подтвердили его предположение, что состав светового пучка влияет на пространственную ориентацию листьев. Сильнее всего, по данным Бера, стимулирует способность листа к закрытию или раскрытию фиолетовый цвет, далее идут синий, желтый, красный, зеленый. Последний по своему воздействию почти равносильен черному, дневной же — белый свет несколько уступает фиолетовому. Никтинастические движения также модифицируются при изменении состава света. В синих и фиолетовых лучах эти движения протекают интенсивнее, чем в красных или желтых. Таким образом, нетрудно усмотреть, что в направлении коротковолновой области спектра активность лучей в отношении двигательной реакции растений увеличивается.

Повышенная чувствительность растений в сине-фиолетовой области спектра в настоящее время объяснима: растения обладают акцепторной системой, которая поглощает свет в области 400—555 мк. Это относится не только к случаю, описанному Бером, но и к другим видам движений растений, вызываемых светом, например к их фототропическому движению ²⁸.

О значении света в жизни растительных организмов Бер рассказал в докладе, прочитанном 19 марта 1878 г. в Сорбонне ²⁹. Ученый попытался выяснить, как растения посредством использования солнечной энергии усваивают двуокись углерода и превращают ее в пластические соединения, которые затем в процессе дыхания вновь разрушаются до исходных простых молекул с выделением энергии. В этой связи Бер выдвинул задачу более эффективного использования солнечных лучей в растениеводстве, полагая, что путем применения рациональных методов удобрения можно помочь растениям интенсивнее усваивать солнечную энергию. Он высказал сомнение в том, что для растений необходима смена периодов ночи

²⁸ См.: *Бойсен-Иенсен П.* Ростовые гормоны растений. М.; Л.: Биомедгиз, 1938.

²⁹ См.: *Bert P.* La lumière et les êtres vivantes, p. 233—272.

и дня. По его мнению, увеличивая суточный период освещения, можно получить урожай за более короткий период. Бер считал, что растению для прохождения периода вегетации нужно определенное число световых часов. В целом, он был прав: длиннодневные растения, к которым относится большинство культивируемых сейчас видов, могут проходить полный цикл развития при непрерывном освещении. Конечно, для практического применения этой способности растений необходимо выполнение многих сложных условий, связанных как с оборудованием и энергозатратами, так и с адаптированием сельскохозяйственных культур к перестройке экологических циклов.

В том же докладе Бер затронул еще один важный аспект воздействия света на растения — его роль как источника энергии не только для усвоения двуокси углерода, но и для ростовых и формативных процессов, а также на характер движений растений. У животных действие света также может вызывать ряд жизненно важных реакций. Это подтверждало вывод Бера о том, что и в отношении двигательных и других реакций в функционировании организма растений и животных имеется ряд общих черт.

В свое время О. П. Декандоль (1818 г.) установил, что «спящее» в темноте растение мимозы может быть «разбужено», если его внезапно выставить на свет. Бер, вернувшись к этим опытам, подтвердил наличие таких сдвигов в физиологическом состоянии растения. При этом он внес в выводы Декандоля важное уточнение, указав, что действие «пробуждения» сказывается не сразу. Если «разбуженное» светом растение немедленно убрать в темноту, процесс «пробуждения» продолжается, несмотря на устранение вызвавшего его внешнего стимула³⁰.

В названном выше докладе Бера содержится большой материал о воздействии света на животных, включая детали изменения окраски хамелеона, патологические отклонения в зрительной способности у человека и т. д. Этот материал в основном обзорного характера, но он свидетельствует о любопытном факте: интерес к проблемам цвета привел Бера также и к рассмотрению весьма

³⁰ Ibid., p. 262—272.

специфичной и малоисследованной истории цветообозначений в мировой литературе.

Вопросы восприятия цвета всегда интересовали Бера: еще в 1871 г. он провел эксперименты с дафниями и некоторыми другими беспозвоночными, установив у них обычный в некоторых случаях «ряд убывающего предпочтения цветов: голубой, зеленый, желтый, красный». Позднее Бера привлекали также исследования дальтонизма в связи с выявлением причин катастроф на железных дорогах³¹. Однако непосредственным поводом для изучения Бером восприятия цветов человеком, причем в историческом аспекте, послужила книга профессора офтальмологии в Бреслау (Вроцлав) Гуго Магнуса «Историческое развитие чувства цвета». Изучая свидетельства истории литературы, Магнус пришел к парадоксальному выводу, что еще незадолго до Гомера люди не видели различий даже между красным, зеленым и желтым цветами: фактически их зрение было черно-белым. В доказательство Магнус ссылался на частную замену в индийской священной книге «Риг-Веда» обозначения красного цвета белым, а равно и на то, что у Аристотеля и других древнегреческих философов все цвета рассматриваются как комбинации черного и белого³².

Разбирая этот тезис, Бер прослеживает историю вопроса о цветообозначении. При этом он обращается к работам Л. Гайгера (предшественника Магнуса по изучению цветообозначения у древних классиков), а также к этюдам известного английского политического деятеля У. Гладстона об «Илиаде» и «Одиссее»³³, где доказывалось, что обозначения цветов у Гомера и других ранних авторов еще весьма неопределенны и спутанны. Оценив все эти соображения и сопоставив их с результатами своих опытов над низшими животными (и даже над растениями), которые по-своему безошибочно различают цвета, Бер пришел к выводу о малой вероятности того, чтобы зрительные восприятия человека могли сколько-нибудь значительно измениться на протяжении истории.

³¹ См.: Bert P. Le daltonisme et les accidents de chemins de fer.— Rev. sci., 1871, vol. 2, p. 119-131.

³² См.: Magnus H. Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinnes. Rostock, 1877.

³³ См.: Gladstone W. E. Homeric synchronism: an enquiry into the time and place of Homer. London, 1876.

«Возможно,— писал Бер,— что (в ходе человеческой истории.— *Ред.*) длительные упражнения внимания, ведущие к более совершенному упражнению сетчатки и оптических нервных центров, заставили человека различать в языке и обозначать различными словами ощущения, между которыми первоначально не замечали различия»³⁴.

Достоинство работ Бера в области воздействия цвета на растения, по сравнению с работами многих последующих авторов, очевидно. Он стремился поставить проблему «восприятия» цвета растением в широком общеприродном контексте, как частный случай проблемы взаимодействия живого существа с цветом и светом. По широте подхода к данной проблеме Бера можно сравнить, пожалуй, только с Гёте³⁵.

Обширен круг вопросов, затронутых Бером в той или иной связи с наблюдениями над растительным организмом. Ученый даже высказал свое отношение к идее воздействия атмосферного электричества на растения, обнаруженного в 1878 г. Бертло, Грандо и Сели³⁶. Бер не считал результаты, полученные этими исследователями, достаточно убедительными, и призывал сотрудников ботанических садов к дальнейшим работам в этом направлении. О многогранности ботанических интересов Бера можно судить и по его работам, опубликованным в «*Revue scientifique*». Из них отметим: «Мир растений до появления человека» — статья, посвященная изложению работ Г. Сапорты, одного из первых ботаников-дарвинистов и основателей современной палеоботаники (т. 1); «Насекомоядные растения» — обзор работ Ф. Дарвина, В. Келлерманна и К. Раумера (т. 2); «О происхождении культурных растений» (т. 5); «Образование азотистых

³⁴ Bert P. L'évolution historique du sens de la couleur.— *Rev. sci.*, 1879, vol. 1, p. 185.

³⁵ О заслугах Гёте, великого поэта и естествоиспытателя, в области учения о цвете см.: *Канаев И.* Очерки из истории проблемы физиологии цветового зрения от античности до XX века. Л.: Наука, 1971, с. 45—58.

³⁶ См.: Bert P. L'électricité atmosphérique et la végétation, p. 300—303. Исследования воздействия электричества (в том числе атмосферного) остаются актуальными и до настоящего времени; они разрослись в обширную самостоятельную сферу исследования. Подробнее см.: Влияние некоторых космических и геофизических факторов на биосферу Земли. М.: Наука, 1973, с. 164—188, 195—199.

веществ в растениях» (т. 7). Бер изучал воздействие встряхивания и вообще движения на рост и размножение низших растений, в основном бактерий. Так, он показал вредное влияние различных форм «гипердинамии» на растительную клетку.

По вопросу о приоритете в получении этих данных разгорелась полемика между Бером и киевским ученым А. Н. Хорватом³⁷, проходившим стажировку в Страсбурге у немецкого профессора А. де Бари. Противники Бера тщетно пытались с ее «помощью» воспрепятствовать изобранию Бера в академию. Что касается сути спора о приоритете, то здесь в равной мере были правы обе стороны: исследования Бера и Хорвата велись практически одновременно. Отметим также, что Бер одним из первых установил наличие настоящих сосудов у древесных папоротникообразных растений.

Ботанические работы Бера и связанные с ними его историко-научные и прочие исследования представляли собой существенный аспект его многосторонней научной деятельности. И можно смело утверждать, что, например, воззрения Бера по общебиологическим вопросам не поражали бы так своей универсальностью и обоснованностью (для своего времени), если бы ученый не иллюстрировал их материалами науки о растениях.

Барометрическое давление (1870—1880)

Влияние пониженного давления газовой среды на животных и человека

В течение более десяти лет, с 1865 по 1878 г., Поль Бер, уже зрелый ученый и весьма искусный экспериментатор, систематически с большим упорством и энергией изучал влияние на организм различных видов живых существ пониженного и повышенного барометрического давления. Результаты этой работы он обобщил в книге «Барометрическое давление» (1878 г.).

Для того чтобы оценить вклад ученого в ту или иную область науки, необходимо четко представить себе, что было сделано до него, что было известно из наблюдений

³⁷ См.: *Horvath A. De l'influence du repos et du mouvements dans les phénomènes de la vie: Observations sur le rôle joué par M. Paul Bert. Paris, 1878.*

и экспериментов, какие теоретические концепции были выдвинуты для объяснения природы явлений, обнаруженных в результате проведения этих наблюдений и экспериментов. В связи со сказанным кратко остановимся на истории вопроса, которому была посвящена в значительной степени книга Бера.

Галилей первым высказал мысль о том, что воздух оказывает давление на поверхность Земли. Э. Торичелли — ученик Галилея — в 1640 г. изобрел барометр. Это позволило определить давление воздушной атмосферы на Землю. Оно оказалось на уровне моря равным 760 мм рт. ст. В 1648 г. Б. Паскаль предложил Перье поднять барометр на гору Пюи де Дом. Он полагал, что с подъемом на высоту давление воздуха на поверхность Земли должно снижаться. Действительно, в соответствии с предположением Паскаля, столбик ртути барометра по мере подъема на гору Пюи де Дом непрерывно падал. Этим впервые доказано, что подъем на высоту сопровождается снижением барометрического давления.

Какое влияние понижение барометрического давления оказывает на человека и на животных? На этот вопрос достаточно ясного и четкого ответа долгое время (фактически до работ Бера) не было.

Первые сведения о влиянии пониженного барометрического давления на организм человека теряются в далеком прошлом. Они связаны с описанием действия высокогорного климата. Вероятно, одно из самых ранних указаний на болезнетворное действие разреженного воздуха принадлежит Аристотелю, ошибочно полагавшему, что на горе Олимп (2985 м) человек не может жить, так как «не может дышать воздухом, слишком тонким для дыхания»¹. Несколько позже (336 г. н. э.) греческий историк Плутарх в описании походов Александра Македонского отмечал, что при переходах через горные хребты legionеры часто жаловались на головную боль и недомогание, т. е., по существу, он указал на два наиболее распространенных симптома горной болезни. В дальнейшем многие путешественники: географы, купцы, монахи, естествоиспытатели — в путевых заметках описывали различные симптомы горной болезни, которой они стра-

¹ Сергеев А. А. Очерки по истории авиационной медицины. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 4.

дали во время пребывания в высокогорных районах. Так, испанский иезуит Акоста, путешествовавший в 1590 г. в южноамериканских Кордильерах, писал: «Я убедился, что воздух здесь настолько нежен и тонок, что является несоразмерным с дыханием человека, нуждающегося в более грубом воздухе, и я полагаю, что именно эта причина так сильно действует на желудок и нарушает все другие функции»².

В 1666 г. Р. Бойль обнаружил, что угасание жизни животных в условиях непрерывно нарастающего разрежения воздуха совпадает с угасанием горящей свечи. Кислород не был известен Бойлю, и он, разумеется, не смог правильно объяснить это явление. «Это не был недостаток воздуха, который убил бы животное, — констатировал Бойль, — но давление в его грудной полости не было уравновешено с давлением вдыхаемого воздуха, и эта разница в давлении была настолько большой, что держало растянутой грудную клетку и препятствовало ее сокращению, легкие и их сосуды были настолько сжаты, что кровообращение нарушалось...»³ Примечательно, однако, что такое чисто физическое объяснение механизма действия разреженного воздуха все же, по-видимому, самого Бойля не удовлетворяло, и он высказал мысль о том, что, «может быть, имеется какое-нибудь применение воздуха, которого мы еще хорошо не понимаем, но которое делает его действительно необходимым для жизни животных»⁴. Возможно, Бойль знал и труды Галена, который полагал, что горение поддерживается тем же, чем и жизнь, и который высказал гениальную догадку о том, что если бы люди узнали химический состав воздуха, то стала бы понятной и животная теплота. Возможно, эта мысль была высказана Бойлем в связи с мнением голландского ученого Корнелия Дроббеля, утверждавшего, что воздух имеет сложный химический состав, одна из частей которого используется животными и людьми для дыхания.

Пробел знаний о химическом составе воздуха и, разумеется, о биологической роли O_2 и отсутствие необхо-

² Bert P. La pression barométrique. Paris, 1878, p. 26.

³ См.: Boyle R. New experiments physico-mechanical touching the spring the air. Oxford, 1666, p. 342.

⁴ Ibid., p. 342.



Роберт Бойль

димых научных сведений о функции дыхания являлись непреодолимым препятствием на пути Бойля и его современников в их попытке формировать научно обоснованное представление о механизме повреждающего действия пониженного барометрического давления на организм животных и человека. Для того чтобы лучше понять и оценить значение работ Бера, целесообразно кратко остановиться на истории развития знаний о биологической роли воздуха и функции дыхания.

Греческие философы познавали мир, окружающую природу единственным методом — посредством наблюдения. На основании впечатлений они строили умозаключения, которые порой оказывались оторванными от непосредственных наблюдений и становились уже плодом воображения. Результатом такого философствования были многочисленные заблуждения, которые современниками воспринимались как откровения, как истинные

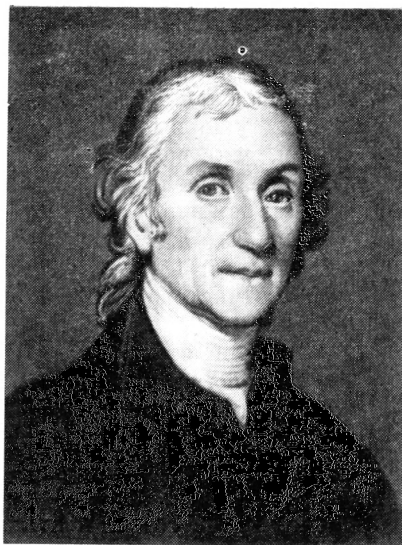


Антуан Лоран Лавуазье

знания. Философы древней Эллады считали воздух одним из основных элементов.

Сейчас нам эти представления кажутся крайне наивными, однако если мы опять обратимся к истории науки, то придем к заключению, что до работ Лавуазье, т. е. почти до конца XVIII в., представление о воздухе как элементе сохранялось в большинстве научных трактатов. Здесь следует снова упомянуть о Бойле и его последователях, которые эпизодически высказывали догадки о том, что воздух — сложное вещество, в состав которого входит и элемент, необходимый для дыхания. Но догадки остаются только догадками, хотя они, вероятно, сыграли определенную роль, так как стимулировали к поиску тех элементов, из которых состоит воздух.

Итак, тайна воздуха существовала фактически более 2000 лет, если считать началом ее первое высказывание о воздухе греческих философов и счастливым концом экспериментальные работы Лавуазье, проведенные в 1773—1780 гг., в результате которых было экспериментально установлено, что воздух представляет собой



Джозеф Пристли

смесь газов, один из которых пригоден для дыхания. Лавуазье сначала описал этот газ, как «наиболее оздоравливающую и наиболее чистую часть воздуха», а затем, уже после открытия кислорода, установил, что этот газ и является O_2 .

Весьма примечательно, что открытие кислорода не было связано с анализом химического состава воздуха.

Из истории химии известно, что кислород был открыт независимо друг от друга англичанином Д. Пристли (1774 г.) и несколько ранее (1770 г.) шведом Шееле, выделившими O_2 при нагревании окислов металлов и солей. В соответствии с уже сложившейся традицией оба этих исследователя, и особенно Пристли, определенное внимание уделяли вопросу роли открытого им газа «воздуха» для поддержания жизни (дыхания) животных и человека. Пристли, хотя и не сумел преодолеть ошибочных представлений Штала — основоположника теории о флогистоне — и назвал открытый им газ дефлогистированным воздухом, все же экспериментально установил, что дефлогистированный газ (кислород) является газом, необходимым для дыхания.

Термин «дефлогистированный воздух» отражает традиционное представление, заимствованное из трудов греческих философов, обозначавшее все газообразные вещества воздухом. Примечательно, что в начальном периоде развития химии была уже высказана, в том числе и Лавуазье, мысль о том, что воздух — смесь различных газов. При этом Лавуазье, Шееле сначала полагали, что CO_2 является одной из основных частей атмосферного воздуха. Лавуазье считал, что атмосферный воздух состоит из двух основных частей: CO_2 — «связанный воздух» и какого-то «чрезвычайно чистого», годного для дыхания газа.

Пристли принадлежит и второе открытие — токсичность чистого O_2 . Он наблюдал, что спустя некоторое время после помещения животных в среду чистого кислорода, они заболевают и гибнут.

Пристли провел исключительно важные эксперименты с животными, впервые показав, что в присутствии зеленых растений, освещенных светом, животные не погибают от удушья в герметически закрытых камерах небольшого объема. Бер в популярных лекциях высоко оценил опыт Пристли. Он писал: «С высоты современных знаний трудно представить себе, что после исследований Лавуазье, открывшего состав воздуха, опытов Пристли, показавшего возобновление необходимой для дыхания части воздуха зелеными растениями, экспериментов Лавуазье и Лапласа, обнаруживших в опыте на животном образование тепла в результате биологического окисления при соответствующем потреблении O_2 и выведении CO_2 , представления о функции дыхания оставались еще очень смутными»⁵.

Достаточной ясности по этому вопросу не было. Где в организме осуществляется горение — окисление? Каким образом кислород попадает в необходимых количествах к субстрату окисления? Об этом Лавуазье и его современники не знали. Сам Лавуазье склонялся к ошибочному мнению, полагая, что окислительные процессы протекают только в легких.

Отсутствие научно обоснованного представления о механизме дыхания, о функции легких, о законах, опреде-

⁵ *Pristley J. Observation on different kinds of air. London, 1774, p. 106.*

ляющих поступление кислорода из легких в ткани, также препятствовало правильному пониманию механизма неблагоприятного действия пониженного барометрического давления. Правда, отдельные естествоиспытатели на основании исследований Пристли, Лавуазье и Лапласа высказывали предположение, что при снижении барометрического давления снабжение организма кислородом нарушается.

Так, в 1810 г. русский физик П. И. Страхов писал: «Опытами изведено, что в атмосферическом воздухе находится около четвертой доли той материи, которая необходима, нужна для дыхания, а прочие три части составляет такая материя, которая удушает животных. Ежели посадить под колокол пневматической машины какое-нибудь животное и вытянуть сколько можно более воздуха, то животное умрет, ибо лишится вещества, необходимо нужного для его дыхания. К сему мнению присоединится другая причина, погубляющая животных скорее, то есть расширение воздуха, находящегося в разных сосудах тела, равно как в порах жидких его частей...»⁶. Более определенно о том, что кислородное голодание является основной причиной, определяющей развитие болезнетворного действия на организм человека разреженного воздуха во время пребывания в горах, писал в 1861 г. Журдане. Он предполагал, что развитие горной болезни обусловлено обеднением крови кислородом, т. е. развитием «аноксемии». Таким образом, к середине XIX в., казалось, уже почти была определена основная причина, вызывающая недомогание у путешественников во время их пребывания в горах, и вскрыта опасность, которая ожидает аэронавтов в полетах на большие высоты на аэростатах. Однако, несмотря на это, строгого доказательства того, что кислородное голодание — основная причина, определяющая нарушение жизнедеятельности организма в перечисленных выше ситуациях, еще не было. Большинство научных статей, заметок путешественников и медицинских книг до выхода в свет книги Бера «Барометрическое давление» содержали ошибочные представления относительно механизма влияния разреженного воздуха на организм.

⁶ *Страхов П. И.* Краткое начертание физики. СПб., 1810, с. 105.

Для отчетливого осознания биологической роли O_2 и утверждения кислородного голодания как одной из центральных проблем физиологии и патологии существенное значение имели исследования Клода Бернара. В середине XIX в. он сформулировал представление о «внутренней среде» организма и многочисленными примерами сумел доказать, что постоянство внутренней среды, т. е. химического состава крови и околоклеточной жидкости, является важнейшим условием для «свободной жизни» — сохранения нормальной жизнедеятельности высокоорганизованных животных. Примечательно, что, утверждая принцип сохранения постоянства внутренней среды — гомеостаз, Бернар привел для примера три химических вещества, постоянство содержания которых во внутренней среде имеет чрезвычайно важное значение, одним из них был кислород. Выдвинув в физиологических исследованиях на первый план адаптацию к изменяющимся условиям «космической» среды, Бернар, которого можно считать основоположником экологической физиологии, способствовал прогрессу в изучении проблемы кислородного голодания: он направил мысль исследователей на поиски физиологических механизмов, ответственных за поддержание постоянного уровня O_2 во внутренней среде.

Бер — последователь и ученик Бернара, глубоко воспринял научную концепцию своего учителя и последовательно развивал ее при изучении влияния на организм пониженного и повышенного барометрического давления. Он положил начало систематическому экспериментальному изучению влияния пониженного барометрического давления на организм животных и человека. В 1868 г. им была сконструирована барокамера, в которой он проводил исследования не только с животными, но и с людьми.

Было бы односторонним связывать интерес Бера к изучению влияния на живые организмы пониженного барометрического давления только с исследованиями Бернара. Безусловно, эта проблема привлекла к себе внимание Бера в значительной мере и в связи с насущными вопросами горновосхождений и воздухоплавания.

В середине XIX в. накапливалось все больше и больше сведений о возникновении в горах у людей различных по симптоматике нарушений здоровья — горной болезни; увеличивалась непрерывно и информация о безвредном влиянии полетов на большие высоты, т. е. стали из-

PRESSION. BAROMÉTRIQUE

RECHERCHES

DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE

PAR

PAUL BERT

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

LATÉANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

(Prix de physiologie expérimentale, 1869)

LACRÉT DE L'INSTITUT (Grand Prix Biennal, 1878)

AVEC 80 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

BULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

M DCCC LXXXVIII

Титульный лист работы Поля Бера «Барометрическое давление», Париж, 1878 г.

вестны и проявления высотной болезни. Развитие обоих названных заболеваний было обусловлено влиянием пониженного барометрического давления. Однако каким образом понижение барометрического давления оказывает свое вредное действие на организм человека и животных, не было еще известно. Бер впервые раскрыл основные физиологические механизмы действия понижения барометрического давления на организм и определил пути защиты человека от неблагоприятного влияния больших высот. Это и дает основание считать Бера одним из основоположников высотной физиологии.

В процессе научной деятельности Бер удивительным образом сочетал способность к проведению теоретических исследований, направленных на выяснение законов, определяющих характер физиологических реакций, возникающих при действии на организм различных экстремальных факторов, со способностью к практической реализации результатов, полученных в таких исследованиях. Этот замечательный дар Бера особенно ярко проявился в книге «Барометрическое давление», изданной в Париже в 1878 г., которую историки науки считают наиболее значимым достижением французского ученого. Эта книга итоговая. В ней обобщено большое число экспериментальных исследований самого Бера и всех его предшественников и современников.

Книгу «Барометрическое давление» Бер посвятил своему другу — доктору Дени Журдане. По-видимому, он не только стремился отблагодарить друга, весьма состоятельного человека, за материальную помощь, которую тот на протяжении многих лет оказывал лаборатории Поля Бера, но и хотел отметить значимость творческих заслуг самого Д. Журдане, одного из первых врачей, изучавших влияние горного климата на организм человека. Действительно, Д. Журдане фактически первым указал на то, что причиной горной болезни является кислородная недостаточность, которую он обозначил термином «аноксемия», часто используемым и в наши дни.

Оценивая значение этой мысли, Бер писал: «Ему (Д. Журдане.— В. М.) мы приписываем заслугу правильного объяснения болезней, связанных с понижением барометрического давления, так как именно он столь четко их определил и описал под названием „аноксемия“»⁷.

Высоко оценивая научную интуицию Журдане, все же следует помнить: он не получил точных доказательств того, что горная болезнь обусловлена развитием кислородного голодания. Это и побудило его обратиться к Беру с просьбой экспериментально проверить гипотезу. Бер блестяще справился с этой задачей.

В книге «Барометрическое давление» слились воедино теория и практика. Эта книга — своеобразная энциклопедия. Большое место в ней занимает обзор литературы. Он может показаться излишне подробным и охватывающим

⁷ Bert P. La pression barométrique, p. V.

чрезмерно большой круг вопросов. Специальная глава литературного обзора посвящена географии горных районов. В ней перечислены все основные поселения, включая города, крупные деревни и даже монастыри, расположенные в горных районах различных частей света. Здесь же приведены данные даже о кочевых народах, эпизодически совершающих переходы в горах со стадами домашних животных, в летние месяцы, переходящих на подножный корм. Так, Бер указывает, что киргизы поднимаются летом по склонам Памира и достигают высот 4500—4800 м, т. е. границы снегов. Он документально устанавливает, что люди во многих странах постоянно или эпизодически живут в условиях высокогорья и тем самым оказываются подверженными длительному влиянию пониженного барометрического давления. При этом Бера интересует и высотная граница распространения постоянных селений человека, ведь информация об этом важна для представления об естественных границах адаптации человека к пониженному давлению и к гипоксии.

Следующая глава литературной части книги посвящена описанию путешествий в горные районы, которые совершали люди с различной целью. Путешественники и ученые, изучавшие географию высокогорья, описывали появления во время нахождения в горах различных болезненных явлений. В дневниках и книгах они, по существу, оставили первые описания горной болезни. Бер особенно тщательно приводит сведения о развитии горной болезни у испанских солдат — завоевателей Южной Америки, проникших в горные районы Анд. В этих описаниях отмечено, что во время передвижения в горах солдаты страдали от болезни, от утомления, недостатка пищи и холода. Значительное внимание он уделяет запискам иезуита Акосты, который не только сам испытал во время путешествия по Южной Америке горную болезнь, но и проявил интерес к этому заболеванию, расспрашивая и узнавая о нем у жителей Перу. Это заболевание у аборигенов Перу получило название «париачача». Симптомами его являются: общее недомогание, тошнота, рвота, головная боль. Приступы этой болезни могут начаться внезапно. Им же отмечено, что, по-видимому, аналогичные заболевания у аборигенов других горных районов Америки носят несколько названий: «пуна», «сороче» и др.

Бера интересуют высоты, на которых обычно возникает горная болезнь. Согласно описаниям различных путешественников, она может проявляться на высотах от 2500 до 5000 м. При этом вероятность проявления и тяжесть этого заболевания возрастают с увеличением высоты, которую достигает человек. Заметки, собранные Бером о развитии горной болезни в различных горных районах Земного шара: в Северной Америке, горных районах Кордильер, Южной Америке, районах Анд, Европе, Альпах, Азии, горных районах Гималаев, Памира, свидетельствуют о том, что независимо от того, где возникает это заболевание, его симптомы всегда идентичны: головная боль, головокружение, тошнота, рвота, диспепсические явления, приступы удушья.

Бер отмечает, что единое мнение о причинах горной болезни отсутствует, ее этиологию связывают с самыми различными факторами: с развитием тяжелого утомления, обусловленного трудностью передвижения в горах, влиянием климатических особенностей горных районов — с характерной для них резкой сменой температуры, избыточной солнечной радиацией, и, наконец, с непосредственным механическим влиянием пониженного барометрического давления, оказывающего неблагоприятное действие, по мнению многих врачей, на кровообращение и нервную систему.

Как указывает А. А. Сергеев, получившая наибольшее признание теория о механизме повреждающего влияния пониженного барометрического давления на организм человека принадлежала А. Галлеру, который в 1758 г. в книге «Элементы физиологии» утверждал, что уменьшение давления на поверхность тела, неизбежно возникающее при снижении барометрического давления, оказывает механическое действие на кровеносные сосуды — периферические сосуды, расположенные близ поверхности тела, расширяются, и в них устремляется кровь из сосудов внутренних органов и мозга. Снижение при этом кровоснабжения головного мозга и является основной причиной развития горной болезни.

В дальнейшем представление о том, что непосредственной причиной горной болезни является механический эффект, обусловленный пониженным барометрическим давлением, получило особенно широкое распространение среди врачей и физиологов. Это ошибочное представление



Жозеф Луи Гей-Люссак

было развито и в трудах русских исследователей — А. Католинского (1862 г.) и Л. Симонова (1876 г.)⁸. Некоторые исследователи, в частности Журдане, высказывали гипотезу, согласно которой причиной горной болезни является не механическое действие пониженного барометрического давления на организм, а снижение парциального давления кислорода в разреженном воздухе горных районов.

Бер обстоятельно описал эффекты влияния на организм пониженного давления, которые испытывали аэронавты во время полетов на воздушных шарах. Сведения об этих полетах он представил в строгой хронологической последовательности, начиная с первого полета Пилатра де Розье и маркиза де Арланда, совершенного на монгольфьере 21 ноября 1783 г., включая высотные полеты Глешера, достигшего 10 апреля 1863 г. высоты 7300 м,

⁸ *Католинский А. О.* О действии разреженного и сгущенного воздуха на организм человека и применение сжатого воздуха к лечению болезней. СПб., 1862; *Симонов Л.* Воздушная терапия. СПб., 1876.

и полета «Зенита» с аэронавтами Тиссандье, Кроче-Спинелли и Сивелем на борту, покорившими в 1875 г. высоту 8600 м. Этот полет завершился трагически — Кроче-Спинелли и Сивель погибли от недостатка кислорода.

Бер привел многочисленные данные об этих полетах, из которых следует, что на больших высотах аэронавты, как правило, отмечали неблагоприятное влияние разреженной атмосферы на организм. Следует отметить, что приведенные в отчетах аэронавтов сведения, по-видимому, не всегда были достоверны, прежде всего это касается максимальной высоты полета. Так, в представленном Шарлем Бланшаром отчете о полете, совершенном 20 ноября 1785 г., указано, что аэростат достиг высоты 10400 м, что крайне сомнительно; без дополнительного использования для дыхания O_2 достижение такой высоты невозможно. В те годы аэронавты достигали предельно высот 7000—8600 м и, поскольку никогда при этом в полетах не пользовались кислородом, страдали от кислородного голодания. В дневниках и в научной прессе они оставили многочисленные, но порою весьма противоречивые описания различных симптомов нарушения самочувствия. Большинство воздухоплавателей отмечали наиболее неблагоприятное влияние большой высоты на головной мозг. Ими были отмечены многочисленные симптомы нарушения деятельности центральной нервной системы, которые проявлялись в изменении эмоционального состояния, в снижении способности выполнять даже простые формы интеллектуальной работы — проводить наблюдения за приборами, считывать показания их шкал и обрабатывать получаемую информацию.

Бер последовательно, в хронологическом порядке приводит записи воздухоплавателей, избегая критических замечаний по поводу их содержания, хотя обращает на себя внимание неоднозначность оценки физиологического действия больших высот на психическое состояние различных воздухоплавателей. Например, Робертсон и Люест, достигшие в 1803 г. высоты 7200 м, описали свои ощущения крайне эмоционально, сгущая краски: «Мы находились в состоянии беспокойства и общего недомогания. Звон в ушах, начавшийся довольно рано, все усиливался. Испытываемые нами болезненные ощущения походили на те, которые бывают при погружении головы в воду... На этой высоте мы находились в состоянии полного безразличия,

когда не жаждешь славы и не горишь страстью к открытиям, даже опасность, зависящая при таком путешествии от малейшего упущения, уже не трогает»⁹. В то же время другие аэронавты, которые достигали таких же высот, подобных ощущений не испытывали.

Итак, перед Бером встали определенные трудности. Документация результатов измерения различных параметров полета во многих случаях отсутствовала или нуждалась в уточнениях, а в отдельных — просто приводились ошибочные данные о максимально достигнутой высоте, о температурных условиях, в которых оказывались аэронавты, да и сами отчеты о физиологических сдвигах и ощущениях, возникавших у воздухоплавателей на больших высотах, оказывались весьма разноречивыми и во многих случаях требовали уточнения. Примечательно, что с самого начала возникновения воздухоплавания, несмотря на то что не было никаких официальных установок относительно фиксации «рекордов», соперничество между воздухоплавателями проявлялось весьма отчетливо. Многие воздухоплаватели стремились перекрыть в полете высоты, достигнутые предшественниками. Дух соперничества хотя и играл определенную прогрессивную роль, так как способствовал непрерывному совершенствованию конструкции воздушных шаров, но все же приводил в некоторых случаях к необъективному отношению аэронавтов друг к другу и, по-видимому, иногда даже был причиной недобросовестной полетной документации.

Используя опубликованные материалы, освещающие различные полеты и полемику, которая велась между отдельными аэронавтами в периодической печати, Бер весьма корректно и в то же время принципиально оценивает исторические заслуги каждого аэронавта, достигавшего в полете больших высот.

Собранные Бером литературные материалы о неблагоприятном действии пониженного барометрического давления на самочувствие и физиологическое состояние аэронавтов весьма значимы. Они свидетельствуют о том, что на высотах 7000—8000 м, даже при кратковременном пребывании на них аэронавтов, во время полетов, как правило, отмечаются существенные нарушения деятель-

⁹ Тиссандье Г., Фламмарион К. Путешествия по воздуху. М.: Тип. Сытина, 1899, с. 70.

ности головного мозга. Эти нарушения проявляются как в изменении эмоционального состояния — сонливость, апатия, потеря интереса к задачам полета и к окружающей обстановке, так и в снижении способности выполнять различные виды интеллектуальной деятельности.

Расстройства деятельности нервной системы с увеличением высоты подъема становятся все более и более выраженными и в некоторых случаях могут приводить к весьма тяжелым последствиям. Так, в полете многие аэронавты на больших высотах оказывались близки к потере сознания, а некоторые теряли его.

В связи с этим заслуживают внимания сообщения Бера о некоторых из этих полетов. Так, в 1862 г. английский метеоролог Глейшер, совершивший совместно с пилотом Коксуэлом высотный полет на воздушном шаре, отметил, что после снижения давления до 274 мм рт. ст. (высота около 8 км) он уже не мог отмечать показаний термометра и определять время по часам. Затем он утратил способность к движениям, не мог говорить, после чего потерял и зрение. Во время развития паралича он, Глейшер, некоторое время сохранял еще сознание. Его товарищ, пилот Коксуэл, также находился в тяжелом состоянии, однако ему все же удалось, несмотря на парез рук, доползти до веревки, соединенной с клапаном, потянуть ее зубами — открыть клапан и начать спуск воздушного шара и тем самым спасти себя и своего товарища от смертельного недостатка кислорода.

В заключение этого раздела книги Поль Бер останавливается на описании второго высотного полета «Зенита» в 1875 г., который был ему очень хорошо известен: он сам принял деятельное участие в подготовке его участников: Кроче-Спинелли, Сивель и Тиссандье.

Программа научной работы в полете включала многочисленные физические измерения, метеонаблюдения и физиологические исследования. Целью полета было достижение больших высот и, по-видимому, установление высотного рекорда.

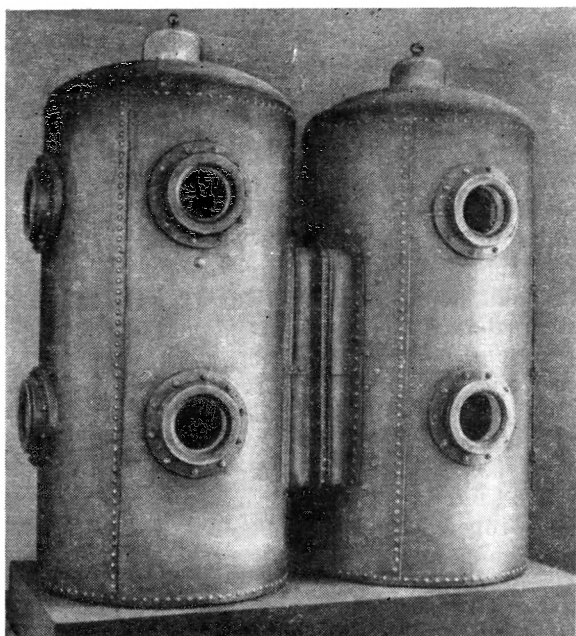
До этого полета Кроче-Спинелли и Сивель уже совершали высотные полеты и даже достигали высоты 7000 м. Они отлично представляли себе возможность развития в высотных полетах кислородного голодания. По просьбе этих воздухоплавателей Бер дал аэронавтам рекомендации, направленные на предупреждение развития

у них на больших высотах острого кислородного голодания. Бер посоветовал им использовать в полете на больших высотах для дыхания кислород. В связи с тем что запас кислорода был невелик (в те годы хранить кислород ни в жидком, ни в сжатом состоянии еще не умели), то расходовать его в полете необходимо было крайне экономно и только на больших высотах. Сигналом для начала вдыхания O_2 , по совету Бера, должно было стать появление ощущения, что он просто необходим.

Бер в работе с аэронавтами «Зенита», по существу, выступил как первый авиационный врач. Именно в процессе подготовки этого полета впервые был установлен непосредственный контакт между воздухоплавателями-испытателями и врачом-физиологом. Бер не только дал рекомендации по тому, как использовать кислород, но и провел ознакомительные подъемы участников будущего полета в барокамере. Во время экспериментов в барокамере Кроче-Спинелли пытался определить пороговую высоту, на которой у него отмечается повышение частоты сердечных сокращений, следил за изменениями дыхания и, что существенно, исследовал эффекты вдыхания кислорода на различных высотах.

Здесь следует отметить, что наблюдения за действием разреженной атмосферы на организм человека во время подъема в барокамере Поль Бер ранее проводил уже в течение нескольких лет. Во многих опытах он участвовал сам и убедился в том, что при ухудшении физиологического состояния на больших высотах кислород оказывает немедленное целебное действие. Действительно, всякий раз, когда он достигал в барокамере высот порядка 7000—8000 м, Бер при ухудшении самочувствия брал ингалятор и после нескольких вдохов обогащенного кислородом воздуха всегда чувствовал себя хорошо. Мог ли он подумать, что во время высотного полета люди, которым он не только рассказывал о безвредном действии разреженной атмосферы, но и для ознакомления с этим действием предварительно поднимал в барокамере, где они сами вполне успешно использовали дыхание кислородом, погибнут от кислородного голодания, так как «по какой-то странной причине, как писал Бер впоследствии, не воспользуются им в критической ситуации».

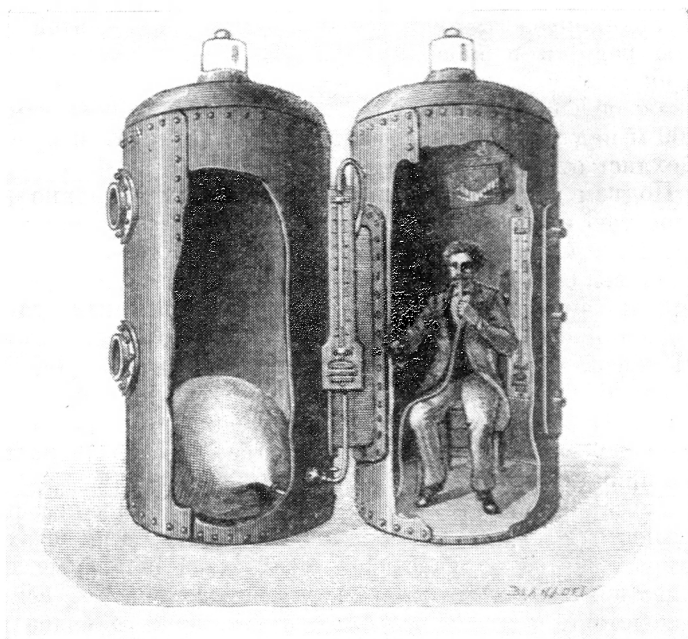
В записках известного пилота Г. Тиссандье, включенного в последний момент в экипаж «Зенита», содержится



Барокамера Поля Бера

интересная информация о полете. Он писал о том, что принять участие в высотном полете «Зенита» его уговорил Кроче-Спинелли, которому он очень симпатизировал. Этот восторженный молодой человек, ему было 30 лет, страстно увлеченный воздухоплаванием, инженер по специальности, много трудился над разработкой конструкций аэроплана — летательного аппарата тяжелее воздуха. Кроче-Спинелли говорил ему: «...Нас должно быть трое при полете в высокие области, чтобы мы могли с большей убедительностью подтвердить добытые нами результаты. Да и кто знает: всегда может что-нибудь случиться. А шесть рук значат больше четырех! Кроме того, вам надо подышать кислородом в высоких слоях, чтобы подтвердить, как уже подтвердили мы, действенность и необходимость этого средства»¹⁰.

¹⁰ Тиссандье Г., Фламмарион К. Путешествие по воздуху, с. 114.



Вид барокамеры в разрезе

Воздушный шар «Зенит» стартовал в четверг 15 апреля 1875 г. В гондоле, а точнее, в корзине воздушного шара находились три аэронавта: Тиссандье, Кроче-Спинелли и Сивель. Корзина была привязана к обручу, который в свою очередь был прикреплен к оболочке шара. К обручу были подвязаны и три шаровидных мешка, наполненных смесью воздуха (30%) и кислорода (70%). От нижнего конца каждого мешка шел шланг — каучуковая трубка, которая проходила через флакон, наполненный ароматической жидкостью. Такова была конструкция респираторов, которыми должны были пользоваться воздухоплаватели на больших высотах для предупреждения острого кислородного голодания. В гондоле было много различных приборов: спектроскоп, барометры, термометры различной конструкции и т. д.

В книге Тиссандье и Фламмарiona «Путешествие по воздуху» участник полета писал: «В 11 час 32 мин утра

мы поднялись, взлетели среди потоков света — этой эмблемы радости и надежд. А через 3 часа после начала путешествия вместо Сивеля и Кроче-Спинелли в корзине лежало два бездыханных тела. Поднявшись более чем на 8000 м над уровнем моря, эти поборники науки и правды задохлись от недостатка воздуха»¹¹.

Подъем воздушного шара сначала шел медленно — со скоростью около 2 м/с. На высоте 3300 м случилось небольшое происшествие: из придаточного отверстия неожиданно вырвался светильный газ, которым был заполнен шар, и аэронавты почувствовали неприятный запах. В дневнике Кроче-Спинелли была обнаружена запись: «11 часов 57 минут. Давление 500, температура 1°C. Легкая боль в ушах. Слегка подавленное состояние. Это газ»¹². Впоследствии эти строки породили версию, что токсическое действие светильного газа и явилось настоящей причиной смерти Кроче-Спинелли и Сивеля.

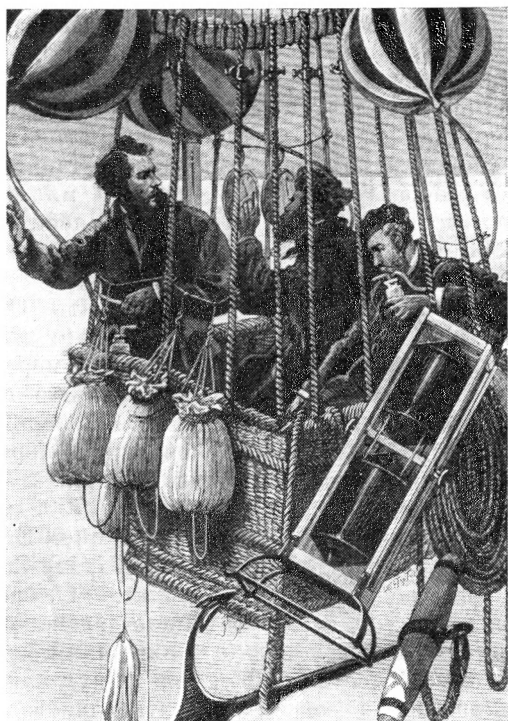
Тиссандье вполне обоснованно указывает на несостоятельность такой точки зрения. Во-первых, в полетах, в которых он ранее участвовал, случались подобные происшествия, и ему с товарищами доводилось без всяких последствий вдыхать светильный газ, даже в более высокой концентрации, чем в этом полете. Во-вторых, после происшествия с газом Кроче-Спинелли и Сивель чувствовали себя хорошо и лишь спустя некоторое время потеряли сознание. Они погибли на высотах 7000—8000 м. Поэтому, по мнению Тиссандье, причиной гибели его товарищей был недостаток кислорода. В дальнейшем это мнение нашло подтверждение в расчетах, проведенных физиологами, в частности И. М. Сеченовым (1880 г.). К такому же заключению пришел и Бер.

Надо заметить, что поначалу все аэронавты «Зенита» помнили о кислороде. Так, Тиссандье в упомянутой выше книге писал: «На высоте 4300 м мы начали вдыхать кислород, но не потому, что мы уже чувствовали необходимость прибегнуть к нему, а просто потому, что хотели убедиться, исправно ли действуют наши приборы»¹³. Остается неясным, прибегали ли к дыханию кислородом все участники полета на больших высотах. Доказано, что на высоте 7000 м Тиссандье некоторое время дышал кис-

¹¹ Тиссандье Г., Фламарион К. Путешествие по воздуху, с. 112.

¹² Там же.

¹³ Там же, с. 114.



Экипаж «Зенита» в полете. Слева направо: Сивель, Г. Тиссандье, Кроче-Спинелли

лородом: «Я вдыхаю кислород,— записал он в дневнике. Великолепное действие»¹⁴. Однако вскоре он заметил, что Сивель, «обладавший недюжинной физической силой и сангвиническим характером, стал по временам закрывать глаза; он словно засыпал и бледнел»¹⁵.

В период подъема на большие высоты аэронавты были заняты различными работами, решив, по словам Тиссандье, «физиологические наблюдения отложить до того момента, когда шар проникнет в воздух высоких слоев атмосферы»¹⁶. Правда, до высоты 5300 м участники полета эпизодически определяли друг у друга частоту пуль-

¹⁴ Там же.

¹⁵ Там же, с. 115.

¹⁶ Там же.

са и дыхания, а термометрические наблюдения проводили до высоты 7000 м, где Тиссандье сделал следующие записи: «Руки заоченели, чувствую себя хорошо. На горизонте туман и маленькие округленные перистые облака. Мы поднимаемся. Кроче тяжело дышит. Мы вдыхаем кислород, Сивель закрывает глаза. Кроче также закрывает глаза. Температура -10° ; 1 час 20 мин. Давление 340. Сивель уснул... 1 час 25 мин; температура -11° , давление 300. Сивель бросает балласт. Сивель опять бросает балласт»¹⁷.

Последние слова едва можно разобрать. Они свидетельствуют о том, что Тиссандье страдал от кислородного голодания и уже в течение по крайней мере нескольких минут не вдыхал чистый кислород. Это привело к нарушению деятельности его центральной нервной системы, в частности к изменению почерка и персеверации (многократное повторение отдельных слов и фраз).

Воздушный шар поднялся до высоты 7500 м, и здесь Тиссандье, по-видимому, потерял сознание. Его последнее впечатление: сидящий перед ним Кроче-Спинелли с флаконом кислорода в руках. В книге Тиссандье есть удивительно яркое описание состояния человека перед потерей сознания от кислородного голодания: «Когда вы приближаетесь к высоте 7500 м, тело и дух как-то постепенно, мало-помалу и совсем незаметно для вас, настолько незаметно, что вы даже и не сознаете этого, начинают слабеть. Вы не испытываете никакого страдания; наоборот, вы чувствуете даже какое-то внутреннее довольство, и это внутреннее довольство словно вызывается тем сиянием, теми потоками света, которые вас заливают на этой высоте. Вы ко всему равнодушны; вы не думаете больше ни о вашем опасном состоянии, ни о том, что вас ожидает впереди; вы поднимаетесь и счастливы оттого, что поднимаетесь»¹⁸.

В дальнейшем Тиссандье вспомнил, что он начал испытывать слабость и даже не мог повернуть головы, чтобы посмотреть на своих товарищей. Он хотел взять трубку с кислородом, но не смог, как ему показалось, поднять руки. Однако он помнил, что, несмотря на такое состояние, продолжал следить за показаниями барометра,

¹⁷ Тиссандье Г., Фламарион К. Путешествие по воздуху, с. 118.

¹⁸ Там же, с. 119.

когда понял, что воздушный шар находится на высоте 8000 м. Затем в его памяти наступил провал, и, как считал Тиссандье, он потерял сознание, а когда пришел в себя, заметил, что шар уже быстро снижался. Тиссандье перерезал веревку одного из мешков с балластом: «Мы спускаемся, — нацарапал он в дневнике, — температура — 8°; я бросаю балласт; давление 315. Мы спускаемся. Сивель и Кроче все еще без чувств лежат на дне корзины. Спускаемся очень быстро»¹⁹.

Его товарищи были живы и вскоре пришли в себя. Кроче-Спинелли, заметив, что шар опускается, выбросил из гондолы балласт, одеяло, приборы. Шар вновь стал подниматься. В дальнейшем уровень ртути в специальных запасных барометрах позволил определить минимальную величину давления при этом повторном подъеме — 264—262 мм рт. ст., что соответствует высоте, несколько превышающей 8000 м. Во время подъема Тиссандье снова потерял сознание и пришел в себя лишь тогда, когда шар уже опустился до высоты 6000 м. Он увидел лежащих на дне корзины товарищей, подполз к ним, однако оба аэронавта были мертвы.

Описав в воздухе гигантскую букву М, «Зенит» опустился на равнину вблизи Сиран в 250 км от Парижа. Аэронавты не использовали полностью запаса взятого кислорода, хотя находились в течение примерно 1,5—2 час на высотах порядка 7000—8000 м. Разумеется, если бы даже все члены экипажа дышали периодически кислородом, то запаса его все равно не хватило для столь длительного путешествия на этих высотах.

Сообщение о смерти аэронавтов Кроче-Спинелли и Сивеля потрясло мир. Началось оживленное обсуждение причины их гибели.

Экспертиза приборов, тщательный анализ барометрических трубок конструкции Жансена свидетельствовали о том, что максимальная высота, которую достиг «Зенит», превышала 8000 м. В дальнейшем удалось вычислить примерную траекторию полета и точнее назвать предельную высоту полета — 8600 м. Эта траектория полета «Зенита» приводится во многих пособиях по высотной физиологии, в частности в книге Холдейна и Пристли «Дыхание».

¹⁹ Там же, с. 120.

В прессе появились статьи, в которых журналисты порой высказывали мнение о том, что Поль Бер недостаточно серьезно отнесся к подготовке полета. Весьма примечательно, что Тиссандье в отчетах о полете вполне справедливо указал, что смерть в воздухе его товарищей произошла от недостатка кислорода при чрезмерно длительном пребывании воздушного шара на больших высотах. Единственный оставшийся в живых участник полета не имел никаких претензий к Полю Беру, оставаясь всегда признательным ему за помощь. «Я уверен,— писал Тиссандье,— что Кроче-Спинелли и Сивель жили бы и до сих пор, даже несмотря на то, что они слишком долго пробыли в высоких слоях атмосферы, если б у них хватило сил вдыхать кислород. Вероятно, и они тоже, как я, внезапно потеряли способность двигаться. Весьма возможно, что приводные трубки с живительным воздухом выскользнули из их парализованных рук. Как бы то ни было, эта благородная жертва двух ученых открыла научному исследованию новые горизонты; эти борцы науки своею смертью указали опасность подобных путешествий, чтобы другие научились вернее предвидеть эти опасности и избегать их»²⁰.

20 апреля 1875 г. при большом стечении народа на кладбище Пер-Лашез состоялись похороны Кроче-Спинелли и Сивеля.

Бер, узнав о гибели своих друзей, сказал, что в этом событии «все странно и все полно величия».

Действительно, могло показаться странным то, что полет, в котором аэронавты знали о влиянии кислородной недостаточности и были готовы с ней встретиться, располагая запасом кислорода для дыхания, погибли именно от недостатка кислорода. Сам Бер, по-видимому, понимал, что степень риска в высотном полете «Зенита» чрезмерно высока. Непосредственно перед полетом он даже советовал аэронавтам взять с собой больше кислорода, что, к сожалению, не было сделано. Очевидно, это и послужило причиной его совета вдыхать кислород эпизодически, по мере появления чувства необходимости в нем. Такой совет, по нашему мнению, нельзя считать вполне правильным: Бер не учитывал, что при кислородном голодании нарушается психофизиологическое состояние чело-

²⁰ Тиссандье Г., Фламарион К. Путешествие по воздуху, с. 130.

века. Нельзя было рассчитывать, что аэронавты на большой высоте обязательно начнут вовремя пользоваться кислородом. Рекомендацию Бера можно оправдать лишь тем, что лично он во время подъемов в барокамере на высоты 7000—8000 м всегда успевал вовремя начинать дыхание кислородом, после чего неизменно хорошо себя чувствовал.

Позже эксперименты, проведенные Дж. С. Холдейном, Дж. Баркрофтом, М. П. Бресткиным и другими советскими исследователями, показали, что у человека при развитии острого кислородного голодания внутренний сигнал опасности отсутствует, эмоциональное состояние изменяется и напоминает то, которое возникает при алкогольном опьянении, результатом чего и является неадекватное поведение и опрометчивые действия, которые в полете могут стать причиной катастрофы. Возможно, это и случилось во время полета «Зенита».

Автор этих строк неоднократно во время исследования в барокамере предлагал испытуемым во время подъемов на высоты 6000—8000 м пользоваться кислородом по собственному желанию, в момент, когда они сочтут это нужным. Только в редких случаях испытуемые — здоровые молодые мужчины — вовремя брали кислород. Как правило, они считали, что кислород им не нужен даже тогда, когда уже жестоко страдали от кислородного голодания — теряли работоспособность, не могли решать элементарных тестов и проводить записи самочувствия. У некоторых из них при этом настроение оставалось хорошим, приподнятым, о чем свидетельствовали рисунки и записи, выполненные на высоте.

Рекомендация Бера об использовании кислорода в полете только при появлении ощущения необходимости в нем может быть оправдана и тем, что примерно за год до второго полета «Зенита» ученый поднимал обоих погибших аэронавтов в барокамере, где они на большой высоте успешно пользовались кислородом и отметили его благотворное влияние.

Таким образом, Бер все зависящее от него во время подготовки высотного полета сделал добросовестно. Однако если бы пришлось проводить подготовку полета «Зенита» в настоящее время, с учетом ограниченных возможностей размещений на борту запасов кислорода, то с целью сохранения безопасности такого полета следовало

поочередно вдыхать кислород каждым членом экипажа с обязательным наблюдением за состоянием второго члена экипажа*, не пользующегося кислородом и в случае ухудшения его состояния немедленно включить кислород и одновременно провести спуск с высоты. Эта мера предосторожности упредила бы повторный подъем «Зенита» на большие высоты и трагический исход самого полета. Аэронавты пострадали бы от кислородного голодания, но сохранили бы жизнь. Кроме того, необходимо было повысить устойчивость к гипоксии путем проведения тренировки членов экипажа в барокамере в течение 2—3 недель с ежедневным пребыванием на все возрастающих высотах без кислорода в течение нескольких часов.

Однако ставить Бери в вину, что он не использовал этих возможностей несправедливо: более 100 лет назад почти ничего не знали об адаптации к гипоксии, о позволяющих ее преодолеть тренировках.

Весть о гибели воздухоплавателей «Зенита» взволновала и передовых ученых в России.

В автобиографических записках И. М. Сеченов пишет, что известие о гибели французских аэронавтов побудило его к размышлению о причинах, по которым могли задохнуться эти люди на высоте 8000 м. Результатом этих размышлений стали теоретические исследования, которые Сеченов обобщил в трех статьях. В них содержится результат большой теоретической значимости — расчет изменения парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе в зависимости от барометрического давления. Этот расчет лег в основу дальнейших исследований, в которых была выведена формула для определения парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе на различных высотах. Она явилась ключевой для определения величины добавки кислорода на различных высотах, необходимой для нормального обеспечения им человеческого организма. Одновременно Сеченов в этих статьях сформулировал, по существу, закон постоянства состава газов, входящих в альвеолярный воздух. Столь существенный вклад русского ученого в высотную физиологию позволил Х. С. Коштыянцу назвать И. М. Сеченова одним из основоположников авиационной медицины.

* Острая гипоксия и гибель аэронавтов могла также быть следствием засасывания ими воздуха через нос при пользовании мундштуком во время дыхания кислородом. (Прим. ред.)

Узнав о трагической гибели аэронавтов «Зенита», Д. И. Менделеев — страстный пропагандист воздухоплавания, в свое время совершивший полет на воздушном шаре, высказался за необходимость создания надежных средств защиты человека от губительного влияния пониженного барометрического давления. Он полагал, что таким средством может стать герметичная гондола или герметический отсек в ней, в которых бы поддерживалось достаточно высокое барометрическое давление и воздух содержал бы нужное количество кислорода. Впервые такая гондола была сконструирована выдающимся бельгийским физиком — инженером и воздухоплателем Э. Пикаром в 1933 г. В ней он совершил полет на воздушном шаре на высоту, превышающую 15 000 м. В настоящее время герметическими кабинами снабжены все летательные аппараты, совершающие высотные полеты.

В течение 19 лет, прошедших после катастрофы на «Зените», ни один из воздухоплателей не решался совершать высотные полеты. Кислородное голодание, его опасное смертельное действие на больших высотах стало препятствием, преодолеть которое решились лишь в 1894 г. аэронавты Берсон и Зюрюнг. Захватив достаточно большой запас кислорода, они совершили полет на воздушном шаре, достигнув высоты 7900 м. В 1901 г. Берсон и Зюрюнг поднялись уже на высоту 11 000 м. Во время этих полетов аэронавты непрерывно дышали сжатым кислородом, который хранился в стальных цилиндрах. Однако на высоте 11 000 м кислородное обеспечение, по-видимому, в какой-то момент оказалось недостаточным: во время спуска Берсон и Зюрюнг все же потеряли сознание.

Необходимо отметить, что эти воздухоплатели работали с австрийским физиологом Шреттером и в процессе подготовки к высотным полетам непрерывно совершенствовали высотное оборудование. В частности, Шреттер пришел к заключению о необходимости использования в высотных полетах вместо мундштуков кислородных масок, исключаяющих подсос воздуха через нос.

Несмотря на то что в XX в. стала отчетливо ясна роль кислородного снабжения высотных экспедиций, кислородное голодание во многих случаях оставалось причиной гибели некоторых их участников. В первую очередь это касалось пилотов, совершавших высотные полеты.



И. М. Сеченов

Например, за время второй мировой войны только в боевых вылетах от кислородного голодания погибли 72 человека. Изучение кислородного голодания, возникающего на большой высоте, остается и в настоящее время одной из весьма актуальных проблем, требующей для своего решения глубокого знания механизма влияния на организм пониженного барометрического давления.

В этой связи основоположника высотной физиологии Поля Бера можно по праву считать и пионером авиационной медицины. Сто лет тому назад этот незаурядный человек после тщательного экспериментального изучения влияния высотной гипоксии на организм животных и человека впервые как врач-физиолог принял непосредственное участие в подготовке высотных полетов на воздушных шарах, на многие годы предвосхитив исследования, которые в дальнейшем привели к формированию таких областей науки, как авиационная и космическая медицина.

Стремление рационально использовать опыт научной работы для решения конкретных практических задач вообще характерно для большинства французских ученых.



Франсуа Мажанди

Эта мысль находит отражение в знаменитых словах Клода Бернара: «Практическая цель всех наук — служить человеку, направляя к его пользе явления природы, изученные наукой»²¹. Поль Бер, всегда стремившийся к деятельности на пользу общества, видевший долг ученого в распространении научных знаний в народе, в использовании опытных данных для практической медицины, всегда оставался верен этому гуманному принципу до конца своей жизни.

В этой связи нельзя не вспомнить замечательного французского физиолога Франсуа Мажанди. Будучи блестящим экспериментатором, он и в своих учениках очень ценил способность проводить физиологический опыт. Он полагал, что задача физиолога сводится к методически скрупулезному осуществлению экспериментов, вскрывающих механизмы различных функциональных отклонений организма. Строго, четко провести эксперимент и точно документально описать его содержание — вот чем, по

²¹ *Бернар К.* Лекции по экспериментальной патологии. М.; Л., 1937, с. 345.

мысли Мажанди, должен повседневно заниматься исследователем.

Его любимый ученик Клод Бернар прекрасно владел искусством физиологического эксперимента, но он не хотел быть только собирателем многочисленных фактов. Он стремился глубже проникнуть в сущность явления, полагая, что все физиологические отправления имеют определенное биологическое значение.

Бернар впервые сформулировал представление о гомеостазе, о необходимости поддержания на достаточно строгом постоянном уровне параметров внутренней среды для нормальной жизнедеятельности различных клеточных структур и организма в целом. Удерживать постоянство внутренней среды в условиях изменчивой внешней среды, по мнению Бернара,— основная задача, которая должна быть решена различными физиологическими механизмами, регулирующими жизнедеятельность. Иначе говоря, в основе всего лежат адаптивные реакции организма, позволяющие ему приспосабливаться к изменчивым условиям «космической среды». Эту мысль основоположник экологической физиологии многократно излагал почти во всех печатных трудах и лекциях, которые он читал студентам.

Ученики Клода Бернара не только разделяли эту идею, но и развивали ее в своих исследованиях. Наиболее ярко она воплотилась в трудах Поля Бера и И. М. Сеченова. Последний, пропагандируя и разрабатывая идеи Бернара (в лаборатории которого И. М. Сеченов некоторое время работал), неоднократно подчеркивал, что в само определение физиологии как науки помимо организма следует включать и представление о внешней среде, с которой каждый организм непрерывно взаимодействует. Полемизируя в 1876 г. со Страховым, отрицавшим большое значение внешней среды в процессе жизнедеятельности организма, Сеченов утверждал: «Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него. Так как без последней существование организма невозможно, то споры о том, что в жизни важнее — среда или самое тело, не имеют ни малейшего смысла»²². Таким образом,

²² Цит. по: Коштыяну Х. С. Сеченов. М.: Изд-во АН СССР, 1945, с. 49.

Сеченов считал изучение взаимодействия организма с различными факторами внешней среды основной задачей физиологии.

Такого же мнения придерживался и Поль Бер, посвятивший этой теме — изучению влияния на организм животных и человека повышенного и пониженного барометрического давления — более 10 лет. Результат этих исследований Бер изложил в серии статей и в книге «Сравнительная физиология дыхания», изданной в Париже в 1870 г. Правда, в одной из первых статей (1865 г.), посвященных истории изучения асфиксии, Бер высказывает мысль о том, что при снижении барометрического давления разрежение атмосферного воздуха оказывает неблагоприятное влияние на организм животных в связи с изменением содержания в крови газов, потерей кислорода.

В экспериментальной части книги «Барометрическое давление» Бер обобщил результаты статей, в которых он ранее сообщал о влиянии на организм изменений барометрического давления. В частности, в первой главе он представил большое количество экспериментальных данных, содержащих информацию о времени сохранения жизни животных при нахождении их в герметических сосудах (стеклянный колокол) и об изменениях химического состава воздуха в момент наступления их смерти при различном барометрическом давлении. В контрольных экспериментах животных помещали в герметические камеры при нормальном барометрическом давлении.

Этот вопрос был ранее исследован такими выдающимися естествоиспытателями, как Антуан Лавуазье и Клод Бернар. Они отмечали, что в процессе пребывания животных в герметических камерах содержание кислорода в воздухе камеры прогрессивно снижается, а содержание углекислого газа возрастает. Беру удалось с большей, чем его предшественникам, точностью определить химический состав воздуха в герметических камерах в момент гибели животных — в большинстве случаев обычных домовых воробьев. По-видимому, Бер избрал воробья подопытным животным не случайно: вероятно, он хотел показать преемственность своих исследований с работами Лавуазье, который ранее также в экспериментах на воробьях исследовал биологическую роль воздуха и доказал, что животные в процессе дыхания непрерывно использу-

ют кислород, поступающий в легкие из атмосферного воздуха.

При нормальном барометрическом давлении время сохранения жизни воробьев после помещения их в герметически замкнутые сосуды зависело, разумеется, от объема воздуха, в котором находились птицы. При этом Бер установил, что в момент наступления гибели воробьев процент содержания кислорода в воздухе камеры снижался в 5—6 раз, т. е. птицы гибли при снижении O_2 в воздухе до 3—4,2% и одновременном повышении в нем содержания CO_2 до 14—16%. Принципиально иные результаты были получены в экспериментах с пониженным и повышенным барометрическим давлением. В случаях понижения барометрического давления в герметическом сосуде примерно в 2 раза воздух камеры в момент гибели животного содержал 9—10% кислорода и такое же количество CO_2 . При этом время сохранения жизни животных в условиях пониженного барометрического давления оказывалось примерно в 2 раза меньшим, чем в опытах, проведенных при нормальном барометрическом давлении. Соотношение же объема, выделенного животным CO_2 , к объему, поглощенного им O_2 , в обоих случаях было почти одинаковым, в среднем порядка 0,84.

Известно, что при крайне низких величинах барометрического давления животные гибли очень быстро — в течение нескольких минут. Беру было важно узнать, сколь значительно в таких опытах может измениться химический состав воздуха в герметической камере. С этой целью он провел эксперименты, в которых за короткий срок времени снижал в герметических сосудах барометрическое давление до 200—175 мм рт. ст., т. е. поднимал животных на высоты порядка 10—11 км. На этих высотах воробьи погибали в течение 1—2 минут, химический же состав воздуха в герметических камерах в момент смерти животных почти не отличался от нормального химического состава атмосферного воздуха. Проанализировав результаты экспериментов, в которых был определен химический состав воздуха в момент наступления гибели животных, помещенных в герметические камеры с различным барометрическим давлением, Бер пришел к важнейшему выводу: процентное содержание кислорода в герметической камере при наступлении гибели животных от асфиксии тем выше, а процентное содержание CO_2

тем ниже, чем ниже барометрическое давление, которое поддерживалось в камере во время эксперимента. При этом сумма процентного содержания CO_2 и O_2 сохраняется во всех случаях на относительно постоянном уровне (от 17,8% до 20,5%). Относительно постоянный уровень характеризует и отношение CO_2 , выделенного в процессе жизнедеятельности животным, к потребленному им кислороду.

Эти эксперименты окончательно показали, что безветворное влияние пониженного барометрического давления определяется величиной снижения парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе (PO_2), а не изменением процента содержания O_2 . Как известно, до высот 30 км процент содержания кислорода остается постоянным. При этом Бер доказал, что переход кислорода из легких в кровь осуществляется в результате диффузии, а не какими-либо другими процессами, в том числе секрецией O_2 в легких, о которой много писали современники ученого.

Внимательно изучив результаты экспериментов, Бер решил поставить еще одну серию опытов и попытаться установить роль накопления CO_2 во вдыхаемом воздухе в процессе развития асфиксии в условиях нормального и пониженного барометрического давления в герметически закрытом помещении. В новых экспериментах щелочь поглощала CO_2 и животные в условиях нормального барометрического давления погибали при снижении содержания кислорода во вдыхаемом воздухе до 3—4% (величины, наблюдаемые и в опытах с накапливанием CO_2). При понижении барометрического давления содержание O_2 в момент гибели животных оказывалось более высоким и также соответствовало величине, имеющей место в случае накопления CO_2 . Все это, по мнению Бера, свидетельствовало о том, что основной причиной гибели животных независимо от пониженного или нормального барометрического давления является недостаток кислорода, т. е. развивалось кислородное голодание, а не накопление CO_2 .

Беру были известны работы Блэка²³, первооткрывателя CO_2 , и других исследователей, отмечавших токси-

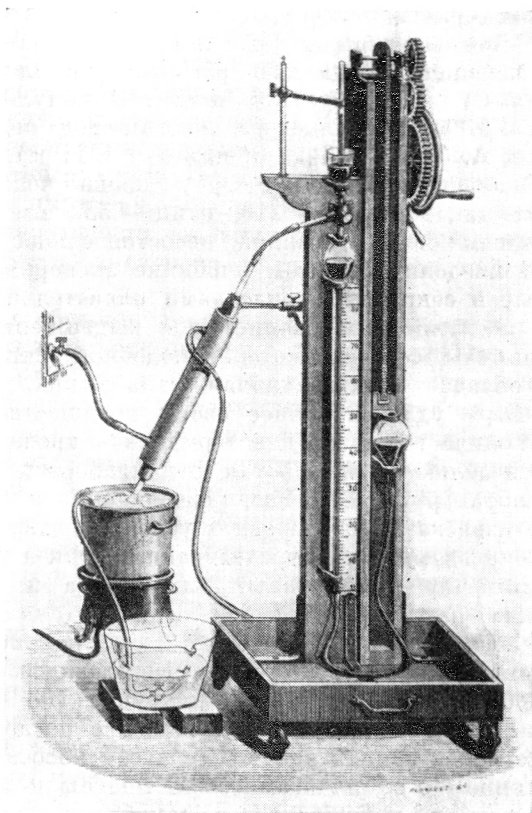
²³ О них П. Бер упоминает в кн.: *Bert P. Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*. Paris: J.-B. Baillière et Fils, 1870, p. 12.

ческое влияние этого газа на организм. И Бер решает опытным путем выявить ведущую роль накопления CO_2 в патогенезе смерти животных в герметической камере. В специальной серии экспериментов, в которых камера обогащалась кислородом до 70—80%, животные жили дольше и погибали не в результате кислородного голодания, а в связи с токсическим действием CO_2 . Об этом свидетельствовали результаты определения газового состава воздуха камеры непосредственно после гибели подопытных животных. Воздух в камере содержал достаточно высокий процент кислорода, однако процентное содержание CO_2 достигало 25—26%. Таким образом, Бер доказал, что в условиях нормобарической гипероксической среды жизнь животных в герметических камерах лимитируется токсическим действием CO_2 , а не дефицитом O_2 .

Одна из глав монографии Бера посвящена изучению газового состава крови животных при различном, главным образом пониженном, барометрическом давлении.

Впервые газ из крови животных извлек еще в 1666 г. Роберт Бойль, но его химического анализа газа исследователь так и не проводил. В 1837 г. Г. Магнус извлек из крови подопытных животных газ и показал, что в его состав входят: азот, кислород и углекислый газ. Метод получения газов из крови, которым пользовался Магнус, был весьма не точен, поэтому эти исследования в дальнейшем были продолжены многими экспериментаторами. Существенный вклад в изучение этой проблемы внес И. М. Сеченов, в 1858—1859 гг. изучавший в лаборатории Карла Людвига газовый состав крови у животных в нормальных условиях и при их асфиксии. Сеченов значительно усовершенствовал конструкцию прибора вакуумного насоса, которым и ранее пользовались для извлечения газов крови, благодаря чему ему удалось с большей точностью определить содержание кислорода и углекислоты в крови подопытных животных. Ученый установил, что в процессе развития асфиксии содержание O_2 в крови у подопытного животного снижается, а содержание CO_2 возрастает.

Несмотря на работы Магнуса, Сеченова и других исследователей, вопрос о содержании O_2 и CO_2 в крови у животных, подвергнутых воздействию пониженного барометрического давления, оставался до работ Поля Бера не



Вакуумный насос Поля Бера для извлечения газов крови

исследованным, хотя имел важное значение для физиологии дыхания. Во второй половине XIX в. широкое распространение получила точка зрения, согласно которой в процессе дыхания в легких осуществляется секреция кислорода, вызывающая повышение парциального давления O_2 в артериальной крови и его понижение в легочном воздухе. При этом считалось, что понижение барометрического давления не должно существенно влиять на газообмен в легких.

Достаточно сказать, что эту концепцию в конце XIX — начале XX в. развивали такие выдающиеся фи-

зиологи, как Христиан Бор *, Дж. С. Холдейн, Смит Лорен и др. Многие учебники физиологии того времени содержали завышенные данные расчета или измерения содержания O_2 в артериальной крови. В популярном в 10-е годы XX в. учебнике физиологии под редакцией Н. Цунца и А. Лёви (в России издан в 1911 г.), например, сообщалась величина PaO_2 в крови человека — 293 мм рт. ст., кролика — 210, птиц — 339 мм рт. ст. В дальнейшем была признана несостоятельность этих данных. Приведенные в этом учебнике экспериментальные данные о секреции O_2 клетками плавательного пузыря рыб послужили основанием для выдвижения ошибочной гипотезы, согласно которой подобной секреторной функцией обладает и альвеолярная ткань легких.

Полю Бору удалось точнее своих предшественников измерить количество газов в артериальной крови животных. С этой целью он разработал метод забора и анализа крови и собрал ртутный насос, позволяющий с большой точностью извлекать газы крови в условиях вакуума. Он подробно описал методику исследования, привел рисунки инструментов, предназначенных для забора и анализа крови, таких, как шприц и насос. Конструкция шприца поражает своей оригинальностью; его наконечником служит канюля, просвет которой регулировался краном. Шприц предусматривал быстрое и точное (по объему) извлечение крови из сосудов животного с последующей подачей ее в вакуумный насос. Все части насоса, а также соединение его со шлангами были тщательно герметизированы, так что исключалась возможность какого-либо контакта крови с окружающей газовой средой. Изоляция всех частей конструкции насоса, его герметичность проверялись посредством погружения шлангов и соединений под воду. Такой скрупулезный методический подход и определил высокую достоверность результатов экспериментов Поля Бера. Он впервые получил точные данные о газовом составе крови животных, находившихся в условиях пониженного барометрического давления. Так, Бер показал, что после «подъема на высоту» у собак в артериальной крови содержание O_2 и CO_2 снижалось, причем тем значительно, чем сильнее был разрежен воздух в

* Отец Нильса Бора.

камере, в которой находилось животное. С повышением же давления содержание кислорода повышалось ²⁴.

Откладывая на оси абсцисс средний процент содержания кислорода в крови, а по оси ординат величину давления окружающего воздуха, Бер графически показал, что с повышением давления количество кислорода в крови животного увеличивается линейно. «Этим подтверждаются,— писал он,— наши опыты *in vitro*, доказавшие, что при повышении давления прибавляется в крови только количество кислорода, находящегося в ней в простом растворе» ²⁵.

Таким образом, Бер вплотную подошел к вопросу о форме кривой диссоциации оксигемоглобина. Он был первым, кто еще в 1871 г. указывал, что диссоциация оксигемоглобина не вполне точно следует за изменением парциального давления кислорода в крови, иначе говоря, подобная зависимость не носит линейный характер. Этой проблемой в дальнейшем занимались Хюфнер (1890 г.), Лёви, Цунц (1904 г.), Бор (1904 г.) и др., причем результаты последнего автора, считающиеся в настоящее время классическими, в основном подтвердили выводы Бера. Окончательный же вид кривой диссоциации оксигемоглобина у человека установил Дж. Баркрофт лишь в 1914 г.

Бер первым обнаружил и влияние температуры среды на диссоциацию оксигемоглобина: «...известно,— писал он,— чтобы извлечь совершенно кислород из крови, надо к действию пустоты присоединить еще влияние довольно высокой температуры» ²⁶. По данным Бера, повышение температуры среды до температуры тела животных (38°—40° С) значительно ускоряет отщепление кислорода от гемоглобина.

Беру принадлежит экспериментальное определение средней величины содержания кислорода в крови собаки. За норму он принимал количество кислорода, равное 19,4—20 об.%, что соответствует современным данным.

Бер одним из первых отметил, что и в норме диапазон колебания кислородной емкости крови достаточно

²⁴ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 268.

²⁵ Там же, с. 358.

²⁶ Там же, с. 294—295.

велик. «Количество кислорода,— подчеркивал он,— которое мы нашли в одинаковых объемах крови у животных одной и той же породы и вполне здоровых... которые дышали обыкновенным воздухом при нормальном давлении... колебалось в границах довольно больших (от 24,0 до 14,4 об.%. — В. М.)... Эти колебания в количестве кислорода могут зависеть или от меньшего содержания гемоглобина в одном и том же объеме крови (даже при одинаковом числе красных кровяных шариков), или от меньшего насыщения гемоглобина кислородом по каким-либо причинам»²⁷.

Далее Бер достаточно подробно анализирует возможные причины гипоксемии. «Мне представляется весьма правдоподобным,— указывал он,— что при некоторых заболеваниях меньшее содержание кислорода в крови должно зависеть не только от уменьшения количества красных кровяных шариков или даже гемоглобина, но и от изменения свойств самого гемоглобина, который становится менее способным поглощать кислород»²⁸.

В дальнейшем, развивая вопрос о кислородной емкости крови, Бер затронул довольно любопытный факт, который почему-то в литературе связывают с именем Х. Бора (1909 г.). Бер обратил внимание на следующее обстоятельство: «оказывается, что при нормальном дыхании артериальная кровь почти никогда не бывает насыщена кислородом и не содержит столько кислорода, сколько может поглотить при взбалтывании с воздухом; эта разница между тем количеством, которое содержится, и тем, которое может содержаться в артериальной крови, бывает крайне непостоянна»²⁹. Это явление Бер вполне обоснованно связал с тем, что «смещение крови с воздухом внутри легких происходит недостаточно»³⁰.

²⁷ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 586. В настоящее время считают, что кислородная емкость крови здорового человека в обычных условиях колеблется от 16 до 24 об.%. В среднем полностью насыщенный гемоглобин артериальной крови человека связывает около 20% кислорода (см.: Крепс Е. М. Оксигеометрия. Л.: Медгиз, 1959).

²⁸ Там же, с. 592.

²⁹ Там же, с. 586, 591. В настоящее время установлено, что при дыхании воздухом насыщение гемоглобина кислородом в норме колеблется от 90,55 до 99%, в среднем составляя 95—97%.

³⁰ Там же, с. 296.

Приведенные в книге графики, отражающие изменения содержания O_2 и CO_2 в крови животных при различных величинах барометрического давления, до сих пор не утратили своего значения: они близки к результатам, полученным в последующие годы многими физиологами.

Бер не только окончательно доказал, что в условиях пониженного барометрического давления отмечается обеднение крови и тканей кислородом, но и впервые показал, что при развитии высотной гипоксии закономерно уменьшается содержание углекислого газа в крови, т. е. возникает гипокапния.

В третьей главе книги изложены наблюдения над картиной развития высотной болезни, возникавшей у животных и у людей во время «подъемов» в барокамере на различные высоты. В экспериментах на собаках, кошках, кроликах и морских свинках Бер регистрировал частоту пульса и дыхания во время «подъема на высоту» и после возвращения животных в нормальные условия.

Обсуждая результаты влияния пониженного барометрического давления на дыхание животных, Бер отметил определенное сходство дыхательных реакций при подъемах на высоты с аналогичными реакциями, наблюдаемыми им самим или другими исследователями при асфиксии. В обоих случаях сначала отмечалось усиление дыхания, учащение дыхательных движений, затем возникало угнетение дыхания, расстройства его ритма. Если же у подопытного животного при подъеме на высоту нарушался лишь ритм дыхания, то по мере спуска оно восстанавливалось до нормального, и животное оставалось живым. Бер указывал, что, как и при асфиксии, прекращение дыхания в условиях пониженного барометрического давления является основной причиной гибели животных.

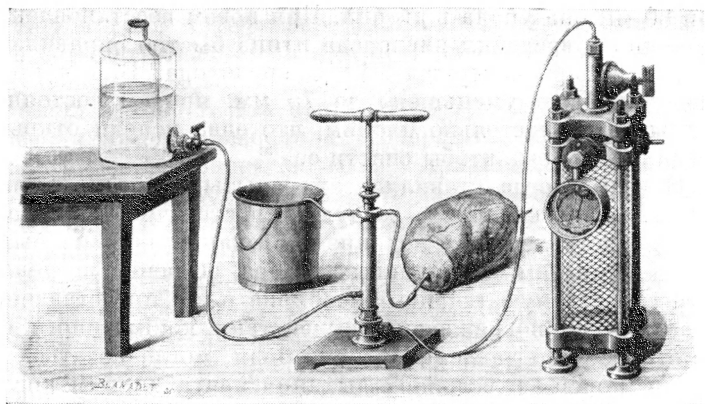
У животных, погибающих от кислородного голодания, сердечная деятельность сохраняется более длительное время, чем дыхание. Примечательно, что, точный в описании экспериментов и в терминологии, Бер считал термин «асфиксия» сам по себе недостаточно строго отражающим сущность явлений, которые возникают у животных при развитии этого состояния. В переводе с греческого «асфиксия» обозначает «отсутствие пульса», в то время как у животных при задушении, равно как и в условиях пониженного барометрического давления, сначала отмечается остановка дыхания, после которой еще

некоторое время сохраняется деятельность сердца и может быть прощупан пульс.

Бер обратил внимание на существенные нарушения нервной деятельности у животных на больших высотах. Он установил, что развитие судорог, как правило, предшествует возникновению агонального состояния. Им была обнаружена различная видовая устойчивость животных к действию пониженного давления и описаны особенности течения высотной болезни у некоторых видов животных. Так, он отметил, что у птиц при подъеме на высоту кислородное голодание во многих случаях вызывает рвоту, после которой нарушается деятельность нервной системы, возникает двигательное возбуждение — птица стремится все время летать. Однако вскоре движения крыльев становятся плохо координированными, полет неустойчивым, птица падает и после кратковременной агонии погибает. У подопытных животных Бер различал две последовательные фазы изменений состояния центральной нервной системы: усиление дыхания, двигательное беспокойство, клинические судороги — в первую; нарушение и угнетение дыхания, исчезновение рефлексов, после чего животные погибали, — во вторую.

Исключительно большое значение имеют эксперименты, в которых животным, испытывающим болезненное состояние в условиях пониженного барометрического давления, давались газовые смеси, обогащенные кислородом. Всякий раз животные, находившиеся на высотах 7—10 км в тяжелом состоянии, после вдыхания газовой смеси с высоким содержанием O_2 в короткий срок «выздоровливали», т. е. чувствовали себя нормально. Целебное влияние O_2 при развитии острого кислородного голодания Бер наблюдал в опытах с различными видами животных.

Весьма существенно, что добавление 100% кислорода не исключает высотной болезни в случаях, когда подъемы совершаются на очень большие высоты порядка 15—16 км и выше, т. е. когда барометрическое давление падает ниже 100 мм рт. ст. Бер показал, что даже в атмосфере чистого кислорода имеется определенная граница, переход через которую при подъемах на большие высоты уже не гарантирует сохранения жизни животных, и они погибают от острого кислородного голодания.



Установка Поля Бера для изучения действия пониженного барометрического давления

Для иллюстрации сказанного приведем протокол одного из экспериментов Бера. Опыт проводился на воробье, помещенном в герметически замкнутый сосуд емкостью 1,5 л, который был соединен одним шлангом с вакуумным насосом, а другим, до времени перекрытым, — с емкостью, заполненной кислородом:

«В 3 ч 20 м атмосферное давление было в течение нескольких минут уменьшено до 250 мм рт. ст. Частота дыхания 212 за минуту. При дальнейшем уменьшении давления до 210 мм птица стала описывать круги и, наконец, упала, агонизируя. Я восстановил нормальное давление, введя в камеру воздух, обогащенный кислородом; птица немедленно пришла в себя и, казалось, чувствовала себя совсем хорошо. Воздух сосуда содержал 35% кислорода. В 3 ч 30 м давление было уменьшено до 180 мм, причем птица снова стала себя чувствовать плохо. Давление опять было восстановлено введением кислорода, и птица пришла в себя. Воздух теперь содержал 77,2% кислорода. При последующем уменьшении давления птица оставалась на ногах до тех пор, пока давление не достигло 100 мм. При новом введении в камеру кислорода птица немедленно пришла в себя. Воздух теперь содержал 87,2% кислорода. При уменьшении давления до 100 мм птица, казалось, была вне всякой опасности, но

при 80 мм она упала в агонии. При новом восстановлении давления и введении кислорода птица быстро оправилась. Воздух теперь содержал 91,8% кислорода. В 4 ч 05 м давление было уменьшено до 75 мм, причем состояние птицы стало настолько плохим, что едва успели открыть крышку для того, чтобы спасти ее»³¹.

В годы, когда ставились эти опыты, точных данных о составе альвеолярного воздуха и достаточно сложившегося представления о механизме дыхания еще не было. Поэтому многим современникам Бера, особенно разделявшим секреторную теорию газообмена и его представление о механизме повреждающего действия пониженного барометрического давления на организм, могло казаться не ясным, почему в условиях дыхания почти чистым кислородом у животных при подъемах на высоты порядка 14—15 км и выше развивается острое кислородное голодание.

В настоящее время этот вопрос окончательно решен. Как известно, парциальное давление водяных паров в альвеолярном воздухе у теплокровных животных при нормальной температуре тела равно 47 мм рт. ст., парциальное давление же CO_2 в альвеолярном воздухе при нормальных условиях дыхания у человека близко к 40 мм. Из сказанного следует, что 87 мм рт. ст. составляет сумму в альвеолярном воздухе парциальных давлений H_2O и CO_2 , в связи с этим при снижении барометрического давления до 87 мм, т. е. при подъеме на высоту 15 200 м, газообмен — переход O_2 из легких в кровь — должен прекратиться. Этот феномен должен иметь место независимо от того, дышит ли человек или подопытное животное чистым кислородом или обычным воздухом. Эксперименты, проведенные в середине XX в., полностью подтвердили упомянутые выше теоретические соображения. После быстрых подъемов человека на высоты порядка 15 км и выше потеря сознания в результате крайне быстрого развития кислородного голодания наступает через 10—12 с независимо от того, дышит ли человек кислородом или воздухом. Столь острое развитие кислородного голодания обусловлено дезоксигенацией организма при быстром и значительном понижении барометрического давления.

³¹ Bert P. La pression barométrique, p. 747.

Бер привел интересные данные о влиянии пониженного барометрического давления и на организм человека, полученные в барокамере, которую он сконструировал и построил в 1868 г. Эта большая по тем временам герметическая камера позволяла «совершать подъемы» человека. Постройке барокамеры Бер придавал большое значение; он отчетливо понимал, что для выяснения влияния на человека пониженного барометрического давления необходимо иметь соответствующую технику. В этом вопросе он полностью следовал за К. Бернаром, который писал: «Большая часть вопросов в науке была разрешена при помощи изобретения аппаратов. Человек, открывающий новые приемы или придумывающий новые инструменты, делает часто для экспериментальной физиологии более, чем самый глубокий философ и самый обобщающий ум»³².

Справедливости ради следует заметить, что Бер не был ни первым изобретателем барокамеры и ни первым исследователем, который поднялся в ней. По словам А. А. Сергеева, одним из первых такую барокамеру создал Жюно, соотечественник Бера. Примерно в 1835 г. Жюно построил медный шар диаметром 1,3 м, соединил его с воздушным насосом и начал осуществлять в нем «подъемы» как здоровых людей, прежде всего самого себя, так и больных с целью их лечения. Он установил, «что при снижении давления на $\frac{1}{4}$ атм у людей появляются определенные симптомы, свидетельствующие о физиологическом действии понижения давления на организм: пульс и дыхание учащаются, испытываемые ощущают „закладывание“ ушей, прилив крови к голове и т. п. Это было чисто эмпирическое исследование, автор которого не имел гипотезы о механизме влияния пониженного барометрического давления на организм. Результаты работы были недостаточно определенными, и она, по существу, осталась без продолжения»³³.

Бера можно считать первым исследователем, которому удалось строго продуманными экспериментами («подъем» людей в барокамере на различные высоты без кислорода и при дыхании газовыми смесями, обогащенными кислородом) показать, что все симптомы влияния пони-

³² *Бернар К.* Лекции по экспериментальной патологии, с. XXV.

³³ *Сергеев А. А.* Очерки по истории авиационной медицины, с. 10.

женного барометрического давления на организм человека — усиление дыхания, повышение частоты сердечных сокращений и различные нарушения деятельности нервной системы — обусловлены одной причиной — кислородным голоданием. В опытах Бера люди в определенный момент подъема на высоты до 7—8 км получали для дыхания газовые смеси, значительно обогащенные кислородом. Последние неизменно устраняли все симптомы воздействия на организм пониженного барометрического давления, т. е. способствовали сохранению нормального физиологического состояния человека.

Поль Бер неоднократно проводил эксперименты на самом себе. Ученый подробно описал различные ощущения, которые возникали у него всякий раз во время подъемов на высоту 4500 м и выше, отметив появление нарушений интеллектуальной работоспособности. «С уменьшением воздушного давления до 420 мм,— констатировал Бер,— я начал испытывать припадки горной болезни; они усиливались постепенно с понижением давления и выражались ощущением тяжести и слабости в теле, тошноте, усталости зрения, общем равнодушии и непобедимой лени к умственной деятельности *. Когда разрежение воздуха достигало степени, соответствующей уровню Мон-Блана, я не был в состоянии помножить на 3 число сосчитанных мною пульсовых ударов. Немного позже в приподнятой мною правой ноге обнаруживалось неудержимое судорожное подергивание, распространившееся и на левую ногу. К лицу в это время прилиwała кровь, температура под языком поднялась на 0,1—0,2° С».

Бер испытал на себе чудотворное влияние O_2 в условиях барокамеры при разрежении воздуха, соответствующем высоте 6—7 км и более. Подобное действие кислорода он наблюдал и на других обследуемых, в том числе и на аэронавтах. Таким образом, Бер показал, что дыхание кислородом является надежным средством защиты человека от высотной болезни.

Результаты этих экспериментов имели большое теоретическое и практическое значение. Восстановление нормального физиологического состояния организма живот-

* П. Бер не различал горную болезнь от высотной, которая развивается при быстрых переходах от нормального барометрического давления к пониженному во время полетов или подъемов в барокамере. (Прим. ред.)

ных и человека посредством вдыхания кислорода стало ярким доказательством причин болезнетворного влияния пониженного барометрического давления на высотах до 8000—10 000 м — развития острого кислородного голодания, возникающего в условиях разреженной атмосферы в связи с понижением парциального давления кислородом во вдыхаемом воздухе. Иначе говоря, результаты экспериментов Поля Бера показали несостоятельность крайне распространенного в те годы представления о том, что причиной горной болезни и острых расстройств жизнедеятельности аэронавтов на больших высотах является механическое влияние пониженного барометрического давления на организм, вызывающего нарушение функций кровообращения и дыхания.

Восстановление нормального парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе в условиях пониженного барометрического давления посредством добавления в него чистого кислорода предупреждает развитие кислородного голодания и является действенной профилактикой высотной и горной болезни. Как видим, практическое значение экспериментов Поля Бера очевидно.

Влияние повышенного давления газовой среды на живые организмы

Полю Беру принадлежит одно из первых описаний истории водолазных и кессонных работ. Ей он посвятил целый раздел в своей знаменитой монографии. Уже беглое знакомство с ним позволяет судить о сложности задач, поставленных ученым в работах по выяснению влияния высокого давления на организм.

Еще в далекие времена человек стремился проникнуть в подводный мир, познать его обитателей, освоиться в нем, использовать его рыбные пищевые и минеральные ресурсы. Эта вековая мечта человека находит отражение в многочисленных сказаниях, мифах, легендах. По-видимому, изготовление дыхательной трубки и мешка с воздухом можно считать первой попыткой увеличить время пребывания под водой. До нас дошли барельефы, относящиеся к 900 г. до н. э., с изображением ассирийского воина, плывущего под водой и дышащего из мешка, наполненного воздухом.

В средние века запорожские казаки во время военных действий переворачивали и затопляли свои лодки-«чайки»

так, чтобы под лодкой оставался воздух, подныривали под них и направлялись в сторону неприятеля. Французский ученый XVI в. Р. Фурнье писал, что они поднимались прямо со дна моря и повергали в ужас всех береговых жителей и воинов. Такой способ погружения и пребывания под водой в дальнейшем был усовершенствован и на его основе разработан водолазный колокол.

Одним из первых сообщений о применении водолазного колокола было известие о погружении под воду на реке близ Толедо в Испании в 1538 г. При этом мы впервые встречаем описание конструкции водолазного колокола. Он представлял собой перевернутый горшок или колокол, внутри которого был сделан настил из досок для сидения и рабочего инструмента. Колокол опускался на цепи, и время нахождения в нем ограничивалось внутренним газовым объемом и количеством людей. Однако применение подобного водолазного колокола, по-видимому, имеет более древнюю историю. Известна легенда, по которой Александр Македонский повелел опустить себя в хрустальном колоколе на дно моря, чтобы увидеть обитателей морских глубин. В 1240 г. Роджер Бэкон упоминает о приспособлении, в котором можно ходить по дну моря или реки без опасности для жизни.

Прототипом водолазного колокола явилось изобретение крепостным крестьянином Е. П. Никоновым в 1719 г. водолазного снаряжения, позволяющего некоторое время свободно передвигаться под водой.

Первое документальное свидетельство попытки научно обосновать процесс погружения в водолажном колоколе относится к XVI в. К. Штурмьос в целях избежания удушья при погружении советовал брать в водолазный колокол воздух в бутылках и разбивать их по мере надобности. Штурмьосу принадлежит подробное описание как самого водолазного колокола, так и принципа его использования.

Естественно, что дыхание в замкнутом объеме без вентиляции не могло обеспечить продолжительное безопасное пребывание человека под водой. Уменьшение кислорода и накопление углекислого газа приводило к тяжелым расстройствам, а часто и к гибели. Усовершенствование водолазного колокола английским астрономом Эдмундом Галлеем в 1717 г. открыло возможности к широкому использованию этого метода. Галлей предложил

для замены «испорченного дыханием воздуха» погружать вместе с колоколом бочонки с воздухом, которые водолаз мог по мере надобности разбивать сам. Для удаления избытка загрязненного воздуха Галлей установил в верхней части колокола специальный клапан. Ему же принадлежит идея создания водолазного скафандра: водолазу, работающему за пределами колокола, Галлей предложил одевать капюшон, соединенный с водолазным колоколом трубой для дыхания.

В 1691 г. известный физик Дени Папен предложил идею применения сжатого воздуха для вентиляции водолазного колокола. По мысли этого ученого «можно постоянно впускать струю свежего воздуха в водолазный колокол с помощью сильных кожаных мехов, снабженных клапанами, по трубе, проходящей под колокол и открывающейся в его верхней части. Таким образом, колокол, оставаясь всегда пустым и находясь на грунте, почти осушает в данном месте грунт и делает работу настолько возможной, как и вне воды, и я нисколько не сомневаюсь, что это поможет избежать больших расходов, когда захотят что-нибудь строить под водой. Впрочем, в случае, если кожаные мехи не будут достаточно сильны, чтобы сжать воздух настолько, насколько это необходимо на больших глубинах, можно всегда помочь этому затруднению, пользуясь (для этой же цели) помпой, чтобы сжать воздух»³⁴.

Осуществить эту идею удалось в 1839 г. французскому инженеру Триже. В 1841 г. он представил во Французскую Академию наук сочинение «Описание прибора с сжатым воздухом для рытья шахт и работ под водой».

С этого момента началось бурное развитие кессонных работ. Вместе с тем разрабатывались и различные системы водолазных скафандров. Идеи водолазного скафандра Галлея нашли дальнейшее воплощение в работах А. Клингерта (1797 г.) и русского механика Гаузена (1829 г.). В основу создания водолазного скафандра легло предположение соединить малый колокол с мягким кожаным или впоследствии резиновым скафандром. Малый водолазный колокол (водолазный шлем) соответствовал раз-

³⁴ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления на животный и растительный организмы / Пер. В. П. Аннина. 2-е изд., испр. и доп. Пг., 1916, с. 14.

меру головы водолаза и вентилировался воздухом через гибкий шланг с помощью помпы, расположенной на поверхности.

Впоследствии, в 1837 г., англичанин А. Зиббе усовершенствовал водолазный скафандр Гаузена, обеспечив герметизацию водолазного шлема и гидрокостюма.

В 1823 г. в Англии братья Джон и Чарли Дин получили патент на вентилируемый скафандр для пожарников, который они в 1828 г. предложили использовать и для водолазных работ. Успешное проведение ряда спасательных операций с применением разработанного ими водолазного снаряжения позволило подготовить в 1836 г. первое руководство по проведению водолазных работ.

Вместе с практическим применением водолазного колокола, кессона, водолазного скафандра росло и число наблюдений за состоянием человека, оказавшегося в условиях повышенного барометрического давления. Однако все они носили случайный характер и были связаны в основном с болезненными проявлениями и несчастными случаями.

Первый обзор наблюдений за состоянием человека при повышенном барометрическом давлении подготовил Бризе-Фрадин в 1808 г. В своей работе «Химия воздуха в приложении к работам под водой» Фрадин выделил следующие явления, сопутствующие погружению в водолазное колоколе: давление на барабанные перепонки и, как следствие этого, боль в ушах; порча воздуха дыханием и отсюда — удушье; сжатие кровеносных сосудов с последующим кровотечением. Из работы Бризе-Фрадина Поль Бер заимствовал наиболее ранние сведения об истории развития и усовершенствования водолазного колокола и о впечатлениях людей, погружавшихся под воду в этом устройстве. В более поздней работе Бризе-Фрадина «Письма к профессору Пикте о водолазном колоколе», (1820 г.) можно найти упоминание о погружении русского лейб-медика доктора Хэмеля в водолазном колоколе на глубину 10 м близ Дублина. Хэмель отмечал сильную боль в ушах при погружении, «как будто бы туда вводили с силою прут», и рекомендовал способ, ее ослабляющий, — глотание слюны ³⁵.

³⁵ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 11.

Доктор Колледон в работе «Сообщение о спусках под воду в водолазном колоколе», изданной в 1826 г. в Париже, так описывает свои ощущения при погружении: «Мы опускались так осторожно, что совершенно не замечали движения колокола; но тотчас же, как он погрузился в воду, мы почувствовали в ушах и во лбу чувство давления, которое увеличивалось в продолжении нескольких минут... Как только мы начали опускаться, мой компаньон начал сильно страдать, побледнел, губы стали бесцветными; думали, что он близок к обмороку. Его изнеможение было, без сомнения, следствием сильной боли, связанной с чувством страха, которое он не мог преодолеть... Наконец мы опустились на дно, где все неприятные ощущения были различны от тех, которые мы испытывали при опускании: нам казалось, что наши головы стали гораздо больше, что все кости готовы отделиться от тела»³⁶.

Эти ощущения не помешали Колледону провести интересное наблюдение над изменением состояния слуха и дыхания у рабочих. Он отметил, что при повышенном барометрическом давлении рабочие с ослабленным слухом воспринимают звуки не хуже, а иногда и лучше, чем здоровые, а «один из рабочих, дышавший обыкновенно с большой трудностью, почувствовал себя совершенно выздоровевшим спустя немного времени после того, как он начал работать в колоколе». Основываясь на этих наблюдениях, Колледон высказал предположение о возможности терапевтического применения повышенного барометрического давления. Сам он чувствовал себя при этом так, «как будто выпил какого-нибудь крепкого ликера»³⁷.

Несовершенство водолазной и кессонной техники того времени приводило к частым авариям. По рассказу Триже, во время одного погружения «раздался взрыв, и мы очутились охваченные ледяным холодом в совершенной темноте: в по случаю немедленно появившегося густого тумана: одно стекло аппарата лопнуло». Основываясь на личном опыте, он пришел к выводу, что «при давлении трех атмосфер свистать в сжатом воздухе невозможно... В сжатом воздухе все говорят в нос, и чем давление сильнее, тем это явление заметнее. Рабочие заметили, что,

³⁶ Там же, с. 12.

³⁷ Там же.

взбираясь по веревочной лестнице, они чувствовали себя менее запыхавшимися в сжатом воздухе, чем в свободном»³⁸.

Профессору Труссерту поручили проанализировать результаты применения кессона Триже. Полученные данные он обобщил в работе «Отчет о колодезях с сжатым воздухом» (1845 г.), в котором, в частности, содержится одно из первых физиологических наблюдений за действием на человека повышенного давления воздуха (3 атм). Труссерт отмечал, что при повышенном барометрическом давлении продолжительность задержки дыхания, «в связи с большей плотностью воздуха», увеличивается, рабочие хотя и очень легко поднимаются по веревочной лестнице, но сильнее устают при работе. Ему принадлежит важное наблюдение о проявлении «сильных болей в сочленениях у рабочих в продолжение нескольких часов по выходе из кессона»³⁹. Колледон увидел причину возникновения сильных суставных болей в большой сырости воздуха в кессонах. В дальнейшем Бер доказал ошибочность этого вывода.

Оценивая в целом возможности широкого применения кессонного метода работ в шахтах, Труссерт посчитал, что «нет никакой серьезной опасности находиться несколько часов подряд и в продолжение нескольких дней в воздухе, сжатом до 3-х атмосфер»⁴⁰. Это ошибочное заключение в дальнейшем стоило жизни многим тысячам рабочих.

Французский инженер Триже, создатель кессонного метода проведения строительных работ, также указал на наиболее существенную опасность для здоровья человека в этих условиях — возникновение сильных болей в суставах, впоследствии названных «декомпрессионными расстройствами». «Я должен объявить здесь, — писал Триже, — что двое рабочих, проведя подряд семь часов в сжатом воздухе, почувствовали боль довольно значительную в сочленениях через полчаса по выходе из шахты. Первый жаловался на очень сильную боль в руке, другой же чувствовал подобную боль в колене и левом плече;

³⁸ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 13.

³⁹ Там же, с. 16.

⁴⁰ Там же, с. 17.

растирание спиртом скоро уничтожило эту боль, и они продолжали свою работу в последующие дни»⁴¹.

Первые сведения о несчастиях, связанных с работой в кессонах, были сообщены французским инженером Блевьером в 1846 г. Один из рабочих после выхода из кессона перенес полный паралич рук и ног, продолжавшийся 12 час.

При строительстве шахт в Лурше (Франция) ежедневно 64 человека работали в кессоне (под давлением 4,25 атм) дважды в день по четыре часа. Врачи Поль и Вотелль, осуществлявшие медицинский контроль, отмечали, что из них 2 человека умерло, 16—тяжело заболело, 14—подверглись легким формам заболевания. Рассматривая причины заболеваний, они констатировали: «...не опасно входить в кессон с сжатым воздухом, так же не опасно находиться в нем более или менее долго, единственно, что опасно — разрежение: расплачиваются лишь по выходе»⁴². Необходимо отметить, что Полю и Вотеллю принадлежит особое место в развитии и формировании представлений о влиянии на организм человека повышенного барометрического давления. В 1854 г. они подробно описали 22 случая декомпрессионных расстройств. Основываясь на их описании, Бер пришел к важным выводам, вскрывающим причины и ход развития декомпрессионных расстройств у кессонных рабочих.

Бер указал на следующие симптомы развития декомпрессионных расстройств: «затруднение дыхания, могущее доходить до одышки, ускорение и твердость пульса, мускульные боли часто очень сильные... судороги членов, постоянные или клонические, онемение и, наконец, совершенное ослабление сил. Мозговые явления: оупение, потеря чувствительности и сознания, спячка, глухота, слепота, часто продолжительная, наконец, скоропостижная смерть»⁴³. Анализируя случаи заболеваний кессонных рабочих, представленных в работе Поля и Вотелля, Бер высказал ряд практически важных заключений. Он, в частности, указывает, что формы заболеваний и степень проявления симптомов могут быть различны у одного и того же лица при одном и том же давлении и что молодой организм лучше противостоит заболеваниям, чем

⁴¹ Там же.

⁴² Там же, с. 20.

⁴³ Там же, с. 25.

«вполне сложившийся». Бер выделил наиболее важные выводы, вытекающие из работы Поля и Вотелля:

«Сжатие воздуха до $4\frac{1}{4}$ атмосфер само по себе не опасно... опасен переход к обыкновенному давлению; опасность эта пропорциональна величине самого давления и скорости разрежения; его-то и нужно очень замедлять...

В сжатом воздухе кровь в венах становится алой (Бер указывает на увеличение содержания кислорода в венозной крови под действием повышенного давления.— Г. К.)...

Можно надеяться, что верное и быстрое средство облегчения будет: немедленно вновь подвергнуть заболевшего повышенному давлению, чтобы потом произвести разрежение очень осторожно»⁴⁴.

Далее Бер указывал на то, что «золотушные и анемичные лица, дышащие с трудом, могут получить пользу от пребывания в воздухе различного сгущения»⁴⁵. Таким образом, в выводах, сделанных из работы Поля и Вотелля, Бер определил основные причины возникновения заболеваний после работы под повышенным барометрическим давлением, описал основные симптомы болезни и наметил пути их лечения. Кроме того, Бер высказал возможность применения повышенного давления воздуха для лечения больных, страдающих различными формами сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности. Обоснование данного метода лечения, по его мнению, заключалось в увеличении содержания кислорода в крови под давлением.

В 1861 г. немецкий физик профессор Бюккуа провел в кессоне измерения содержания газов и некоторые физиологические параметры у рабочих. При этом он обнаружил повышенное содержание углекислого газа в воздухе кессона (до 8,9%). Доктор Бюккуа полагал, что в условиях повышенного давления дыхательный обмен и частота сердечных сокращений, жизненная емкость легких человека увеличиваются. На основе этого он высказал возможность применения экспозиции при повышенном барометрическом давлении как облегчающего средства для больных с ослабленной функцией дыхания.

⁴⁴ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 26.

⁴⁵ Там же.

Наиболее обстоятельной работой, посвященной наблюдениям за физиологическими изменениями у человека при работе в кессонах, Бер считает статью доктора Фолея «О работе в сжатом воздухе», опубликованную в 1863 г. в Париже. Работа не только содержала систематизированные материалы наблюдений за рабочими кессонов, но в ней были сделаны попытки объяснения отмеченных физиологических изменений.

В работе Фолея встречаются указания на то, что «все звуки в кессонах имеют металлический тембр, вызывающий оглушение (сотрясение мозга); разговор заставляет вибрировать основание черепа, как трубу... Некоторые в сжатом воздухе совершенно утрачивают вкус и обоняние... Пульс становится нитевидным и даже неощутимым... Кровообращение ослабевает, но ткани не становятся синюшными. ...емкость легких в сжатом воздухе увеличивается, движения же ребер уменьшаются... Рабочие при работе в кессонах менее устают, чем в свободном воздухе, и не так задыхаются»⁴⁶.

Фoley видел причины вышеуказанных изменений в том, что «сильное давление воздуха, благоприятствующее соединению кислорода с кровью, как и со всеми окисляемыми веществами, делает ее настолько богатой им, что она вытекает из вен такой же алой, как из артерий... Чрезмерное давление, заставляющее растворяться кислород в мельчайших разветвлениях кровеносных сосудов, делает излишней игру грудной клетки, и наш координирующий грудной центр доводит ее до минимума»⁴⁷. Причины изменения слуха, обоняния, вкуса и осязания при повышенном барометрическом давлении, по мнению Фолея, заключались в «сплющивании всех наших доступных воздуху слизистых оболочек»⁴⁸.

В состоянии людей, работающих в кессонах, Foley выделяет два периода: «один — благоденствие, другой — ослабление органическое». К первому периоду он относит пребывание в кессоне и возвращение в обычные условия сразу после работы. В такие моменты рабочие «чувствуют в себе большие силы, и не без причины, этому способствует богатство их крови». Второй период охватывает время отдыха до последующего рабочего дня.

⁴⁶ Там же, с. 36.

⁴⁷ Там же, с. 37.

⁴⁸ Там же, с. 38.

Здесь рабочие «теряют аппетит... кожа делается вялой, бледной, землистой, соединительная оболочка глаз, как у пьяницы; взгляд становится тусклым; лицо и тело похудело. Во всех движениях является нерешительность, вялость, почти оцепенение... приходит время, когда он вне кессона является совсем бессильным, нормальная атмосфера не поддерживает его кровотообразование... В скором времени такой человек не оживляется даже при избытке давления»⁴⁹.

Фолей констатировал отсутствие признаков и симптомов заболеваний у кессонных рабочих при давлениях менее 2,5 атм, т. е. на глубинах менее 15 м. (Впоследствии это важное наблюдение сыграло решающую роль в разработке режимов выхода человека из условий повышенного барометрического давления.) Фолей отметил также, что наиболее ранними признаками заболеваний, связанных с работой под повышенным давлением, являются кожный зуд, затем мышечные боли и реже боли в суставах. Вместе с тем он ошибочно полагал, что увеличение времени работы в кессоне (более 12 час) приводит к тому, что рабочие могут выходить из кессонов здоровыми. Фолей также считал, что проявление и степень выраженности заболеваний у кессонных рабочих не зависят от величины барометрического давления и длительности периода снижения давления до обычного, атмосферного. В результате он считал, что 2—3 мин достаточно для снижения давления, и рекомендовал это ошибочное время как безопасное. Причины заболеваний он усматривал в быстро наступающем охлаждении при разрежении и даже предостерегал: «Если густой и холодной туман начинает сильно действовать на вас — торопитесь»⁵⁰.

Обоснованность этих рекомендаций в XIX в. не вызывала сомнений у большинства врачей и инженерно-технических работников, обеспечивающих с помощью кессонов строительство мостов, тоннелей, шахт и других сооружений. В результате сотни тысяч рабочих получили серьезные заболевания, десятки тысяч погибли.

Показателен один из судебных процессов 1862 г. о возмещении убытков семье молодого инженера М. Галлуа, агента Орлеанской компании, осуществлявшего ин-

⁴⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 38.

⁵⁰ Там же, с. 40.

спекцию кессона при строительстве моста через Скорф. После пребывания в кессоне он получил тяжелый паралич и умер через два года. Суд не согласился с мнением Поля и Вотелля о том, что причиной заболевания и смерти М. Галлуа было слишком короткое время выхода из кессона, установленное Фолеем, и признал иск недействительным.

Сам Триже — изобретатель кессонного способа ведения работ под водой, был чрезвычайно встревожен участвовавшими случаями тяжелых заболеваний, часто кончающихся смертельным исходом у кессонных рабочих. С целью выяснения причин этих несчастий, а также для рассмотрения возможностей практического использования его метода он обратился к министру общественных работ Франции с просьбой назначить компетентную комиссию. Вскоре она была создана, но в своих выводах посчитала необоснованными опасения Триже, а мероприятия по предупреждению кессонных заболеваний достаточными. Относительно времени выхода из кессона комиссия заявила, что его «нельзя регламентировать; следует руководствоваться здравым смыслом»⁵¹. Триже настаивал на том, чтобы разрежение после пребывания под повышенным давлением продолжалось около 7 мин, полагая, что этого достаточно для сохранения здоровья рабочих.

Еще более трагическое положение сложилось при развитии водолазных работ. Одни из первых сведений о наличии декомпрессионных расстройств у водолазов — ловцов губок содержатся в работе Леруа де Мерикурта «Рассуждения о гигиене ловцов губок» (1869 г.). По словам автора, из 24 водолазов, которые погружались на глубину 45—54 м, т. е. подвергались давлению 5,5 и 6,4 атм, 10 человек умерло после подъема на поверхность. Бер, анализируя данные о наличии заболеваний у ловцов губок Средиземноморья, отмечал, что ежегодно из них погибает около 30 человек.

Конструктор наиболее распространенного в то время водолазного скафандра Дейнеруз писал: «Я в течение шести месяцев спустил сотню людей на глубину от 30 до 40 м... Пять человек умерло при этих условиях, громадное количество подвергалось различным заболеваниям, из которых наиболее тяжелые были параличи ног и моче-

⁵¹ Там же, с. 49.

вого пузыря, глухота и малокровие. Люди, поднятые быстро, заболевали действительно чаще. Ни один не умер в воде, но, уже выходя из воды, начинали жаловаться, большей частью на сердце, ложились на свою баржу и спустя несколько часов умирали»⁵².

Вероятно, одной из первых крупных работ, посвященных физиологическим исследованиям труда водолазов, была диссертация Альфонса Гала (1872 г.), в которой он излагает свои наблюдения за ловцами губок у берегов Турции. О количестве дыхательных движений, совершаемых водолазами во время погружения, он судил по пузырям воздуха, выходящим на поверхность, а о частоте и характере пульса — по его измерениям у каждого из них после погружения. Гал обнаружил повышение частоты дыхания при погружении, при выполнении работ под водой и в период выхода на поверхность. Частота пульса, как он полагал, также увеличивалась во время работы под водой, однако пульс в связи с повышенным давлением сжатого воздуха становился нитевидным, меньшего наполнения. После выхода на поверхность частота пульса всегда была увеличена (более 80 ударов в мин), несмотря на то что водолаз «не чувствует почти ни малейшей усталости... Полчаса спустя в 203 случаях пульс возвращался почти к норме...»⁵³.

Гал анализирует заболевания, возникающие после работ под водой, и выделяет их в четыре группы. К первой группе он относит те случаи, когда «болезнь проходит без всякого лечения и кончается обыкновенно обильным потом». Ко второй — заболевания, связанные с болями в мышцах и с воспалением в суставах. В третьей группе Гал объединяет случаи с болезненными проявлениями в ушах, желудочными расстройствами. Наконец, в четвертую — он включает случаи, связанные с параличами конечностей. Как правило, при летальных исходах у водолазов, так же как и у кессонных рабочих, находили диффузное размягчение спинного мозга и кровоизлияние в мозговых оболочках.

В 1835 г. врач Жюнодо провел одно из наиболее ранних наблюдений за состоянием человека под повышенным барометрическим давлением. Он выяснил, что при

⁵² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 61.

⁵³ Там же, с. 65.

повышенном барометрическом давлении облегчается дыхание, учащается пульс, возникают неприятные ощущения, связанные с вдавлением барабанной перепонки, усиливается функция пищеварения и почек, увеличивается слюноотделение.

Первые попытки практического применения сжатого воздуха и терапии предпринял Правац. Их результаты он изложил в диссертации, защищенной в 1836 г. Правац подвергал больных и здоровых людей воздействию повышенного давления (0,3 атм) в камере объемом в 9 м³ и нашел, что даже такое незначительное повышение давления благоприятно воздействует на больных с различными формами анемии. Однако в его работе не содержалось обоснований к применению повышенного барометрического давления в терапевтических целях.

В дальнейшем в ряде работ, предшествующих исследованиям Бера, были в основном подтверждены факты положительного влияния повышенного барометрического давления на больных, имеющих различные формы сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности.

Как следует из краткого изложения истории развития вопроса, до Бера представления о влиянии повышенного давления на организм человека в основном базировались на отрывочных свидетельствах врачей и инженерно-технических работников, обеспечивающих погружения кессонных рабочих и водолазов, и в некоторых случаях на результатах измерений.

Баснословные прибыли промышленников от эксплуатации железных дорог, шахт, шоссежных дорог, добычи продуктов моря — от всего того, что обеспечивалось работой людей в кессонах, под водой, определяли необходимость все более широкого применения труда при повышенном барометрическом давлении, несмотря на большие человеческие жертвы. Следует отметить, что водолазным делом и работой в кессонах были заняты наиболее бедные и бесправные слои трудящихся, для которых данный труд, несмотря на его опасность, часто был единственным источником к существованию.

Учитывая все эти обстоятельства, нетрудно себе представить, какое гражданское и научное мужество надо было иметь Бери для того, чтобы заняться изучением влияния повышенного барометрического давления на человека, широко планируя при этом эксперименты на себе.

До работ Бера многие исследователи старались найти объяснения физиологического и физического действия повышенного атмосферного давления на живые организмы. Так, итальянский врач-математик Борелли в 1681 г. объяснял удушье при повышенном давлении условиями дыхания «в плотном и слишком сгущенном воздухе»⁵⁴.

Бер, проведя анализ результатов работ предшествующих ему авторов, сравнивая их точки зрения, рассмотрел действие сжатого воздуха с позиций современных для его времени знаний в области физики, механики и химии. При этом он выделил два момента: явления при повышении давления и явления при разрежении.

Почти все авторы до Бера считали, что период повышения давления характеризуется сжатием различных частей тела. Фолей, например, выразил эти представления следующим образом: «...как только вы вошли в кессон — вы уже сплющены»⁵⁵. Аналогичной точки зрения придерживались видные ученые того времени: Правац, Бюккуа, Вивенот и др. Появлению и распространению такого мнения способствовали наблюдения за внешним видом людей, погружавшихся в кессонах. Так, при повышении давления отмечалось побледнение кожи и слизистых оболочек, особенно при воспалении. Бер справедливо возражает против этих представлений, противопоставляя им заключение, основанное на известных физических законах: «...элементарная физика, как мы уже это видели, — отмечал он, — не оправдывает такого рода рассуждения на основании несжимаемости жидкости и костей...»⁵⁶. Еще Бризе-Фрадин в 1808 г. высказал мысль о том, что при повышении барометрического давления сжатым воздухом кровь, проходя через легкие, насыщается большим количеством кислорода. В дальнейшем эти представления никем не оспаривались, и лишь Бюккуа (1861 г.) дополнил их указанием на то, что при повышенном давлении возрастает не только насыщение эритроцитов кислородом, но и увеличивается количество кислорода, растворенного в крови.

Увеличение содержания кислорода в крови и тканях организма в условиях повышенного давления вызвало

⁵⁴ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 199.

⁵⁵ Там же.

⁵⁶ Там же, с. 206.

среди ученых того времени дискуссию об интенсивности окислительных процессов в организме в этих условиях. Одни из них (Фоллей, Вивенот) считали, что при этом обмен веществ и энергии в условиях повышенного давления увеличивается вследствие повышения содержания кислорода в тканях. Другие (Режнольт) доказывали, что уровень окислительных процессов в организме в условиях повышенного барометрического давления не изменяется. Бер в своих исследованиях, естественно, не мог обойти этого важного вопроса.

В связи с распространенным мнением о механическом влиянии повышенного барометрического давления на живые организмы большинство авторов, предшествующих Беру, полагали, что причины развития кессонных заболеваний заключались в «приливах крови, доходящих иногда до кровоизлияния: к легким, брюшным органам и в особенности к нервным центрам — головному и спинному мозгу»⁵⁷. Пожалуй, никто из физиологов, кроме Фолея, не сомневался в том, что возникновение кессонной болезни связано с продолжительностью времени понижения давления (декомпрессия).

В 1857 г. Хоуп обнаружил в кровеносных сосудах животных после понижения давления пузырьки газов, вызвавших, по его мнению, гибель животных». «Если после пребывания животного в сгущенном воздухе, — предположил Хоуп, — быстро понизить давление, то легкие не будут иметь времени выделить через себя весь газ, сделавшийся свободным в **больших венах**»⁵⁸.

Любопытное объяснение причин возникновения заболеваний у людей после пребывания под повышенным атмосферным давлением дал в 1861 г. Бюккуа. «По закону Дальтона, — констатировал он, — количество каждого из растворенных в крови газов должно быть пропорционально давлению этих газов в сжатом воздухе... Во время и после разрежения все газы, растворенные в крови под влиянием давления в избыточном количестве, будут стремиться освободиться из нее тем сильнее, чем значительнее было перенесенное давление и чем оно было продолжительнее... Частицы газа, всюду освободившись из крови, остаются механически смешанными с жидкими молекулами, в которых они были раньше растворены...

⁵⁷ Там же.

⁵⁸ Там же, с. 146.

Следствием этого... наступает общая наклонность к эмфиземе»⁵⁹.

Таким образом, до Бера представления о свободных газах в крови после пребывания под повышенным давлением хотя и имели место, однако не были подтверждены конкретным материалом. «Многочисленные исследования... о составе воздуха, сделавшегося смертельным в закрытых помещениях, в которых были заключены животные,— отмечал Бер в своей монографии,— побудили меня приступить к изучению влияния, которое оказывает перемена барометрического давления на живые организмы, путем анализа воздуха...»⁶⁰ По словам Бера, проделанные им предварительные опыты уже наводили на мысль о том, что «главной причиной этого влияния... является изменение состава газов крови в зависимости от перемены барометрического давления»⁶¹.

Ставя перед собой задачу исследования причин возникновения кессонной болезни, Бер считал необходимым ответить на следующие вопросы: Какие газы выделяются в крови под влиянием разрежения? Каким образом действует этот освободившийся газ? Закупоривает ли он сосуды и вызывает ли кровоизлияние? Почему заболевание наступает не всегда, а как исключение даже при давлении выше 4 атм? При этом он справедливо отмечал, что для решения этих вопросов ему необходимо провести «такие исследования на животных, которых никто до него не производил»⁶².

Характерным для Бера как исследователя было то, что он избрал не кратчайший путь решения этих вопросов — исследование газового состава крови, а более продолжительный — определение состава воздуха, которым дышали животные под повышенным барометрическим давлением. «Я надеялся,— отмечал он,— на этом пути встретить что-нибудь интересное, как это бывает, например, когда вместо большой дороги идешь среди кустарника»⁶³. В решении этой задачи он видел три главных момента: «исследовать условия смерти одинаковых животных одинаковой породы в замкнутых помещениях при

⁵⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 153.

⁶⁰ Там же, с. 210.

⁶¹ Там же.

⁶² Там же.

⁶³ Там же.

давлениях выше... атмосферного»; «поставить опыты над животными различной породы, но при одинаковом давлении»; «исследовать при различных давлениях влияние воздуха измененного химического состава...»⁶⁴.

Бер сам сконструировал лабораторную установку, позволяющую подвергать мелких животных давлениям сжатого воздуха. В качестве подопытных животных он в основном использовал воробьев. Для лучшего наблюдения за их поведением Бер применил толстостенные стеклянные сосуды-барокамеры. Давление в каждом сосуде создавалось с помощью ручного насоса, охлаждаемого обычной водопроводной водой из бутылки, и определялось с помощью манометра Бурдона. Для получения давления в 25 атм необходимо было качать насос непрерывно в течение 20 мин. Таким способом Беру удавалось доводить давление в сосуде-камере до 40 атм.

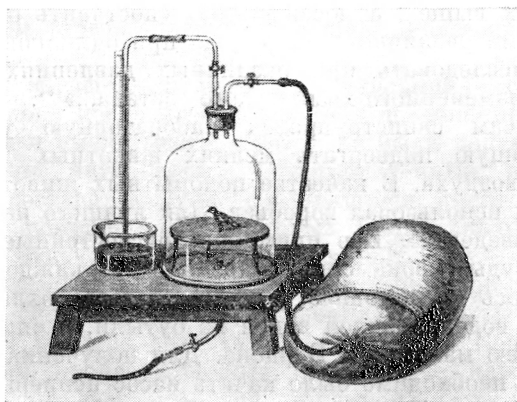
Стеклянные сосуды при повторном повышении давления часто взрывались, однако благодаря большой осторожности Бера несчастных случаев не было. К тому же в целях безопасности Бер оплетал сосуды металлической сеткой. Стеклянными емкостями, служившими барокамерами для животных, являлись бутылки для сельтерской воды (до 10 атм) и для ртути (до 40 атм). Для того чтобы исключить возможность вытравливания воздуха из сосудов при повышенном давлении, Бер использовал «перепончатые клапана» (лепестковый клапан) конструкции Дейнероуза. Все опыты тщательно протоколировались, результаты измерения сводились в итоговые таблицы.

Благодаря проделанным опытам, Бер пришел к заключению, что повышение барометрического давления до 26 атм «не оказывает влияния на живые существа с точки зрения чисто физической, если только перемена давления совершается с достаточной медленностью, но действует как фактор химический тем, что обуславливает изменение в содержании количества кислорода в крови и таким образом вызывает или асфиксию при недостатке кислорода, или токсические явления, если его имеется избыток»⁶⁵.

Бер также отметил, что причиной гибели животных при повышенном давлении сжатого воздуха в замкнутых

⁶⁴ Там же.

⁶⁵ Там же, с. 211.

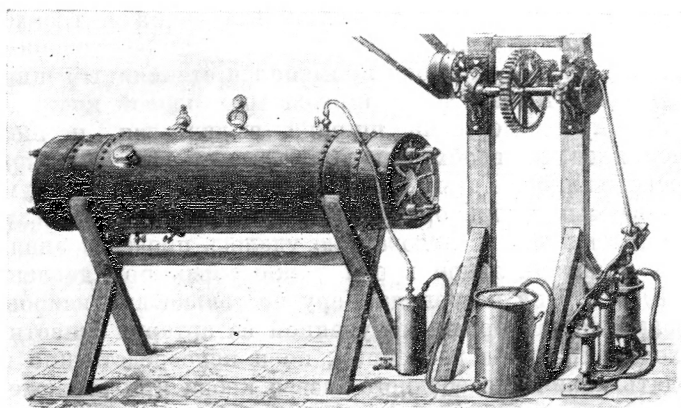


Аппарат Поля Бера для измерения высоких давлений

объемах, как правило, бывает не недостаток кислорода, а избыток углекислоты. Для проверки правильности заключения о токсичности кислорода под повышенным давлением Бер поставил контрольные опыты, в которых те же самые величины давления создавались азотно-кислородной смесью с повышенным и пониженным содержанием кислорода. Он предполагал, что снижение содержания кислорода в газовой смеси должно увеличить напряжение CO_2 в «смертельном составе воздуха» при гибели животного и, напротив, увеличение содержания кислорода в смеси газов под давлением ускорит гибель животных при меньшем напряжении углекислого газа. Опыты подтвердили данные предположения и убедили Бера в правильности вывода о токсичности кислорода при повышенном барометрическом давлении на животных. «Итак,— писал он,— неопровержимо доказано, что кислород... при высоких напряжениях является главной, скорее даже единственной причиной смерти»⁶⁶.

В конце данного раздела монографии Бер пришел к важному выводу о том, что, «каково бы ни было барометрическое давление, оно никогда не служит прямой причиной явлений. Оно только одно из условий изме-

⁶⁶ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 238.



Аппарат Поля Бера для получения сжатого воздуха

няющих напряжение газов...»⁶⁷. Таким образом, экспериментальным путем он показал: для людей и животных, находящихся под повышенным барометрическим давлением, опасно не увеличение давления, как такового, а изменение газового состава воздуха, сопряженного с повышением давления.

Решая вторую задачу, Бер разработал оригинальную методику определения изменения газового состава крови при повышенном давлении. Дело в том, что обычные методы забора и введения газов в анализатор при исследовании в условиях повышенного барометрического давления оказались для него непригодными. Во-первых, экспериментатор, пользуясь ими, не мог находиться в камере вместе с животными и осуществлять забор крови. Во-вторых, при извлечении в условиях повышенного давления порции крови последняя вспенивается, часть растворенных в ней газов диффундирует в окружающую атмосферу и результаты анализов становятся неточными. Суть разработанного Бером метода заключалась в следующем. В одну из сонных артерий подопытного животного, закрепленного в станке и находящегося в камере, он вводил металлическую трубочку, пропущенную через

⁶⁷ Там же, с. 244.

стенку камеры. Конец трубочки был снабжен трехходовым краном, который открывался по желанию экспериментатора. Для забора крови применялся стеклянный шприц, на конце которого также имелся трехходовой кран. Давлением крови поршень шприца выдвигался, и шприц заполнялся до необходимого объема, после чего краны перекрывались. Газы крови извлекались под вакуумом, создаваемым в приборе, наполненном ртутью. Пользуясь этой методикой, исследователю удалось провести анализы газов в артериальной крови у животных при давлениях до 10 атм. Она позволяла Беру не только анализировать газовый состав крови, полученной из артерии животного, находящегося под давлением, но и непосредственно наблюдать наличие свободного газа в крови при разрежении (декомпрессии).

Проведя соответствующие анализы, Бер сделал обобщающее заключение: «У животного при повышении барометрического давления увеличивается количество кислорода в артериальной крови, но крайне медленно; количество азота увеличивается скорее, но далеко не так, как бы следовало согласно закону Дальтона; количество угольной кислоты почти всегда уменьшается»⁶⁸.

Рассматривая полученные результаты относительно изменений содержания кислорода в крови под давлением, Бер отмечает два обстоятельства. Первое — в обычных условиях наступает почти полное насыщение артериальной крови кислородом путем химического связывания. Во время пребывания под повышенным барометрическим давлением насыщение крови кислородом в основном зависит от его физического растворения в плазме крови. Второе — количество физически растворенного кислорода в крови живого организма под повышенным давлением всегда меньше, чем это следует согласно закону Дальтона. Такое же несоответствие между расчетным и фактическим количеством растворенного газа в крови Бер обнаружил, анализируя содержание азота в плазме животных. По его мнению, это несоответствие «показывает, насколько неполно внутрилегочное смешивание воздуха, по крайней мере при высоких давлениях...»⁶⁹.

⁶⁸ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 278.

⁶⁹ Там же.

Получив принципиальные данные о том, что кислород под повышенным давлением представляет опасность для здоровья и жизни животных, Бер приступил к изучению симптомов отравления, установлению давлений, вызывающих отравление и смерть, а также к исследованию механизмов вредного действия кислорода. С этой целью он провел серию опытов на различных животных: воробьях, собаках, зайцах, лягушках. Бер изучал их поведение при повышенном барометрическом давлении в атмосфере, обогащенной кислородом, проводил количественные измерения газов в крови, сахара в моче и печени, выделения мочевины, температуры тела. Уже первые серии исследований показали, что у различных животных пределы переносимости повышенных содержаний кислорода под давлением различны, а симптомы отравления кислородом сходны: в начале появляются вздрагивания тела, в дальнейшем переходящие в сильные судорожные приступы и смерть. При этом Бер ожидал увидеть повышение температуры тела. Однако измерения засвидетельствовали обратное: температура тела животных при отравлении кислородом и появлении судорог резко снижалась, на $10-15^{\circ}\text{C}$. «...Я обращаю на это обстоятельство особенное внимание,— писал Бер,— ибо оно с чрезвычайной ясностью показывает, что все описанные припадки, вызванные применением кислорода, не зависят от усиления внутритканевых окислительных процессов»⁷⁰. Он отмечал, что гибель животных наступала в то время, как сердце животного еще продолжало биться, двигательные нервы и мышцы оставались возбудимы, а рефлексy отсутствовали. В связи с этим Бер предполагал, что «кислород не убивает ни сердце, ни двигательные нервы, ни мышцы... Дело в том, что судороги происходят от спинного мозга, сообщающего свое возбуждение мышцам через посредство двигательных нервов...»⁷¹, которые, по его мнению, и поражаются кислородом.

Для проверки данного предположения он ставит опыты на лягушках, которым перерезает седалищный нерв и помещает в камеру. При повышении в камере барометрического давления воздухом, насыщенным кислородом, Бер регистрирует смерть лягушки, однако без предше-

⁷⁰ Там же, с. 328.

⁷¹ Там же, с. 330.

ствующих судорожных симптомов. На основе этих опытов он констатировал, что повышенное давление кислорода прежде всего действует на центральную нервную систему, подобно стрихнину, карболовой кислоте и другим ядам, вызывающим судороги.

Наблюдаемое снижение температуры тела при отравлении кислородом Бер связывал с уменьшением процессов окисления, образования углекислоты и мочевины, разложения сахара в крови. «Все химические процессы,— заключал Бер,— легко поддающиеся измерению, оказываются значительно затруднены под влиянием кислорода высокого напряжения»⁷². На основании результатов проведенных опытов он пришел к выводу, что под влиянием повышения давления кислорода в организме происходит «образование какого-то вещества, способного играть роль яда, который, оставаясь в теле после декомпрессии, продолжает поддерживать болезненные припадки и может вызвать смерть; разрушение или уничтожение этого вещества необходимо для восстановления здоровья животного»⁷³.

Свои выводы о токсическом действии повышенных давлений кислорода на живые организмы Бер проверил и подтвердил в исследованиях на водяных животных, беспозвоночных и насекомых — на головастиках, угрях, рыбах, ящерицах, древесных червях, гусеницах, божьих коровках, мухах, шмелях, пауках, сороконожках, жуке-лицах, мокрицах, муравьях и т. п., а впоследствии на растениях и ферментах, т. е. на всем живом в природе.

Проведя исследования, позволившие вывести общую закономерность о токсичности высоких давлений кислорода на различные формы жизни на земле, Бер задался целью «узнать, какое именно барометрическое давление самое благоприятное для жизни»⁷⁴. Он провел исследования над собой при кратковременном пребывании в сжатом воздухе (2 атм), а также над мелкими животными, помещенными в условия повышенного давления сжатого воздуха. В результате исследователь констатировал: «...увеличение напряжения кислорода за пределы его нормального содержания в обыкновенном воздухе не только не представляется полезным, а, пожалуй, наоборот.

⁷² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 371.

⁷³ Там же.

⁷⁴ Там же, с. 376.

Если и замечается какая-нибудь разница, то всегда в пользу обыкновенного воздуха: в нем жизнь сохраняется дольше, развитие ...происходит скорее... для здорового животного обыкновенное атмосферное давление представляет собой самые лучшие условия жизни; повышение же давления, сколько-нибудь заметного, надо скорее, бояться, чем желать»⁷⁵. На основании проведенных опытов он также уточнил, что на живые организмы влияет не давление как таковое, а увеличение напряжения кислорода, связанное с повышением барометрического давления.

В заключении, посвященном общему влиянию повышенного содержания кислорода на биологические структуры и живые организмы, Бер рассматривает сущность жизни «как результат гармонического взаимодействия химических явлений, принадлежащих к разряду ферментативных процессов»⁷⁶. По мысли ученого «для поддержания жизни необходимо, чтобы эти многочисленные процессы совершались... в полной гармонии... под влиянием избытка в напряжении кислорода внутри клеток как изолированных, так и сгруппированных в ткани, происходят химические изменения, влекущие за собой возникновение таких стойких продуктов, присутствие которых нарушает гармонию, необходимую для поддержания жизни, сначала в отдельных клеточках, а потом в целом организме»⁷⁷. Стремясь найти непосредственные причины нарушения гармонии в обменных процессах под влиянием повышенного давления кислорода, Бер делает интересное предположение. По его мнению, эти изменения связаны с развивающейся в этот момент в организме кислотной реакцией, зависящей, «вероятно, частью от молочной кислоты... Очень возможно, что присутствие этой кислоты внутри анатомических элементов и является причиной смерти»⁷⁸.

Другим чрезвычайно важным разделом экспериментальных исследований Бера явилось изучение причин возникновения заболеваний при декомпрессии — во время или сразу после быстрого уменьшения давления в несколько атмосфер. С этой целью он поставил серию

⁷⁵ Там же, с. 403.

⁷⁶ Там же, с. 479.

⁷⁷ Там же, с. 480.

⁷⁸ Там же, с. 482.

экспериментов на птицах, крысах, кроликах, кошках и собаках. В них, основываясь на практическом опыте кессонных и водолазных работ и теоретических данных, представленных в литературе, Бер применил быстрое понижение давления «в один прием, без перерыва и насколько возможно быстро»⁷⁹. При этом он обнаружил, что разные виды животных имеют различную устойчивость к возникновению декомпрессионных заболеваний. Наиболее устойчивыми оказались птицы; кошки и собаки оказались менее чувствительными к возникновению заболевания, чем кролики. Кроме того, в одном и том же виде молодые животные были более устойчивы, чем «вполне сложившиеся». Как правило, в случае быстрой декомпрессии (в несколько секунд) при давлении более 8 атм животных постигала мгновенная смерть.

Вскрывая таких животных, Бер всякий раз обнаруживал наличие пузырьков свободного газа в венах, полостях сердца, а иногда в артериях. Анализ этих газов показал, что они преимущественно состоят из азота. В некоторых случаях в пузырьках газа содержался в значительных количествах (до 20%) углекислый газ. Наиболее распространенным видом декомпрессионных заболеваний оказались параличи задних конечностей. После смерти таких животных в поясничной области у них наблюдались участки размягченного спинного мозга.

Тщательно обследуя животных после декомпрессии, Бер обнаружил пузырьки свободного газа не только в крови, но и в мышцах, спинном мозге, подкожной жировой клетчатке. Таким образом, Беру удалось экспериментально подтвердить гипотезу профессора физики Страсбургского университета Бюккуа о том, что причины декомпрессионного заболевания заключаются не в так называемых приливах крови к внутренним органам, а в образовании свободного газа в крови и тканях организма. «...Мы имели право утверждать,—подчеркивал Бер,— что газ, который мог бы угрожать жизни, переходя в свободное состояние, должен находиться в крови в увеличенном количестве под влиянием давления, а таковым является только азот»⁸⁰.

⁷⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 492.

⁸⁰ Там же, с. 522.

Бер согласен с врачами-практиками, предложившими помещать пострадавших от декомпрессии повторно в условия повышенного давления для растворения пузырьков свободного газа. Вместе с тем он предлагает и дополнительное средство лечения при таких заболеваниях — вдыхание чистого кислорода или воздуха в смеси с кислородом. Бер основывается на том, что вдыхание газовой смеси, обогащенной кислородом, должно способствовать более быстрой диффузии азота через легкие из организма.

Свои предположения он проверяет в экспериментах на животных и добывается некоторого успеха. После быстрой декомпрессии с давления 8 атм и последующего дыхания чистым кислородом животные уже не погибали мгновенно, как это имело место раньше, однако у них развивался паралич. Вместе с тем после вскрытия в крови животных, которые дышали кислородом после быстрой декомпрессии, пузырьков свободного газа не обнаруживалось. На основании проделанных опытов Бер пришел к следующему заключению о путях лечения тяжелых случаев декомпрессионных заболеваний: «...мы должны советовать последовательное применение сначала дыхания кислородом, чтобы вытеснить азот, скопившийся в правом сердце, и затем нового повышения давления (рекомпрессии), чтобы растворить пузырьки газа в капиллярах и толще ткани»⁸¹.

В то же время основным средством профилактики и лечения заболевания после пребывания в условиях повышенного барометрического давления Бер считал медленную декомпрессию и повторную рекомпрессию. Он одним из первых попытался экспериментально обосновать плавный или ступенчатый метод декомпрессии. Сравнив оба метода, он не нашел больших различий в их эффективности и, основываясь на экспериментах, поставленных на животных, счел безопасной декомпрессию со скоростью 1 атм за 12 мин.

Бер наметил основные направления использования повышенного барометрического давления в гигиене и терапии. Возможности применения повышенного давления в медицинской практике он изложил в заключительной главе своей фундаментальной работы. Прежде всего

⁸¹ Там же. с. 539.

он обращает внимание на влияние повышенных давлений кислорода при терапии ряда таких заболеваний, как анемия и астма. Повышенное давление сжатого воздуха, по мнению П. Бера, действует различным образом: «...на астму оказывает влияние механическая сторона сжатого воздуха... на анемию же сжатый воздух действует химическим путем, вызывая более полное насыщение кислородом оксигемоглобина...»⁸². Основываясь на результатах о токсическом действии кислорода на живые организмы, Бер в медицинской практике не рекомендовал применять чистый кислород, даже при обычном давлении: «...я желал бы его оставить только в случаях угрожающего удушения и отравления окисью углерода или газа сточных труб, т. е. там, где нельзя терять времени. Да и здесь лучше было бы применять только воздух, содержащий 60% кислорода с тем, чтобы продолжать вдыхание по крайней мере час»⁸³.

Бер предпочитал (вместо чистого кислорода) использовать воздух, обогащенный кислородом. Больным анемией он рекомендовал ежедневно в продолжение двух часов дышать 20—30% смесью кислорода и воздуха. В то же время Бер настоятельно советовал для лечения анемии, астмы, отравлений вредными газами, вправлении грыж применять повышенное барометрическое давление в камере. Одновременно он высказывал сомнение в возможности применения с терапевтической целью давлений сжатого воздуха более 3 атм. Исключением являлось лишь лечение различных воспалительных процессов.

Бер считал маловозможной работу человека в условиях повышенного барометрического давления, равного более 10 атм. По его мнению, при таком давлении сжатого воздуха токсическое влияние кислорода будет столь значительным, что возникнет необходимость снижения его содержания за счет увеличения в газовой смеси инертного газа — азота.

В целях предупреждения декомпрессионных заболеваний, учитывая закономерности насыщения и насыщения тканей организма инертным газом при изменяющемся барометрическом давлении, Бер рекомендовал сокра-

⁸² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 626.

⁸³ Там же, с. 628.

тить время пребывания под повышенным давлением и уменьшить количество спусков в кессон или под воду до одного раза в день. Другой необходимой мерой профилактики заболеваний у кессонных рабочих и водолазов он назвал разработку и внедрение режимов медленной декомпрессии в зависимости от величины и времени нахождения под повышенным давлением. Кроме того, Бератовал за обязательную установку на местах работы водолазов и кессонщиков камер для декомпрессии, оснащенных средствами обогрева, с сухой и теплой одеждой.

В связи с тем что во время декомпрессии водолаз устает и переохлаждается, он считал целесообразным разработать специальное приспособление «наподобие стула, в котором и поднимать его на поверхность»⁸⁴. В качестве одной из главных мер профилактики тяжелых случаев декомпрессионной болезни после пребывания под давлением он предлагал ввести обязательное вдыхание кислорода. Применение этих рекомендаций, по его мнению, должно осуществляться всегда после погружения на глубину более 40 м.

Результаты обследования газовых составов в кессонах, выполненных Бюккуа, натолкнули Бера на мысль о необходимости проводить очистку воздуха в кессонах с целью удаления из него избытка углекислого газа и вредных примесей.

Таким образом, Бер не только открыл новые, до него не известные закономерности в области высоких давлений, но и разработал вопросы практического применения сделанных им открытий.

Книга «Барометрическое давление» не вызвала среди физиологов и техников никакой дискуссии и была принята единодушно. Этому способствовали характерные для нее тщательный анализ сведений, имеющихся в литературе по данному вопросу, четкая направленность поставленных задач, точное соответствие методов решению выдвинутых проблем широко поставленному эксперименту с различными живыми организмами, убедительность выводов и заключений по результатам исследований и наблюдений. Многие последующие годы этот труд Бера был настольной книгой для тех, кто работал под повышенным барометрическим давлением.

⁸⁴ Там же, с. 630.

Основные выводы, сделанные Бером в своей монографии о влиянии повышенного барометрического давления на организм человека и животных, сохраняют актуальность и в настоящее время. Однако в последующем на смену методам, с помощью которых проводил исследования Бер, пришли новые, более точные, расширились и усложнились практические задачи, определяющие необходимость работы человека в условиях повышенного барометрического давления. Возникла необходимость работы человека на больших глубинах с целью проведения аварийно-спасательных, судоподъемных, строительных, научных и других операций. Увеличились масштабы работ с применением кессонов. Во многих странах стали строить не только шахты и мосты, но и метро, подводные тоннели. Широкое развитие получили методы профилактики и лечения различных заболеваний с помощью гипербарии. Все это способствовало развитию новой отрасли прикладной науки — гипербарической физиологии и медицины, в основу которой вошла классическая работа Поля Бера.

Бер был не только блестящим экспериментатором, но и ученым, который, обобщив и подвергнув критическому анализу все, что было известно до него, разработал основы наших представлений о влиянии повышенного барометрического давления на живые организмы, включая животных и человека. В последующем они практически не пересматривались, в основном развиваясь и дополняясь. Не имея возможности достаточно подробно остановиться на дальнейшей истории развития исследований в области гипербарической физиологии и медицины, отметим основные работы и следующие из них выводы и положения, сформировавшиеся в этой области к настоящему времени.

Были подтверждены и расширены представления о механизме развития декомпрессионных заболеваний, предложенные Бером. Как известно, он обнаружил, что содержание азота в крови и в организме в целом увеличивается с повышением атмосферного давления и длительностью экспозиции. Дальнейшие исследования были направлены на то, чтобы выявить динамику накопления азота в крови и тканях организма, а также выяснить закономерности выхода инертного газа из тканей организма при декомпрессии.

Важное значение для развития представлений о закономерностях насыщения и насыщения организма газами при изменении барометрического давления имело открытие И. М. Сеченовым в 1880 г. постоянства парциального давления газов в альвеолярном воздухе и зависимости их концентрации от вентиляции легких и содержания их во вдыхаемых газах.

Вернон в 1907 г. определил коэффициент растворения азота в жирах и воде⁸⁵. Все это позволило Дж. Холдейну в 1908 г. проанализировать закономерности сатурации и десатурации азотом отдельных тканей и в организме в целом при изменении барометрического давления. В результате многочисленных опытов над животными, водолазами и «кессонщиками» Дж. Холдейн вывел коэффициенты допустимого прессыщения тканей организма инертным газом (без газообразования) и рассчитал таблицы декомпрессии на воздухе с учетом глубины погружения и времени пребывания на ней⁸⁶. В 1907 г. после практических проверок таблиц декомпрессии Холдейна они были приняты для водолазов английского флота и в дальнейшем, с различными модификациями, распространены на водолазные и кессонные работы в других странах.

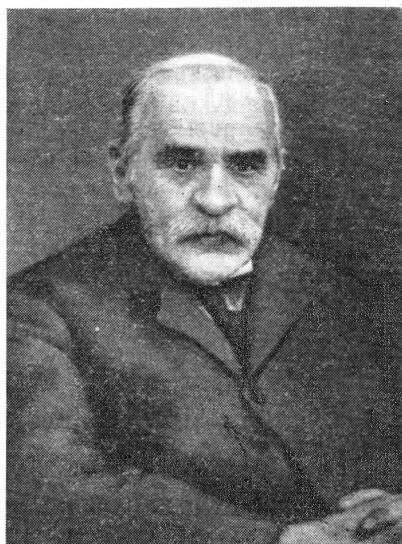
Идея Бера о необходимости применения чистого кислорода для снижения опасности возникновения декомпрессионной болезни была в дальнейшем разработана, а впервые на практике реализована русским врачом Саковичем в 1910 г. при проведении водолазных работ по подъему подводной лодки «Камбала».

Впоследствии было показано, что дыхание чистым кислородом позволяет значительно сократить сроки декомпрессии, и рассчитаны таблицы ускоренного подъема водолазов с переходом на дыхание чистым кислородом с глубины 30 м. В настоящее время кислородная декомпрессия находит широкое применение в практике, переход на дыхание кислородом ограничен 18—20 м. Получило распространение и применение азотно-кислородных газовых смесей с повышенным по сравнению с воздухом содержанием кислорода.

Другое предложение Бера о необходимости введения рекомпрессионной камеры при кессонных и водолазных

⁸⁵ См.: *Vernon H. M. Proc. Roy. Soc., London, 1907, 79, 366-371.*

⁸⁶ См.: *Холдейн Дж., Пристли Дж. Дыхание. М.; Л.: Биомедгиз, 1937, с. 311—353.*



Джон Скотт Холдейн

работах с целью проведения рабочей декомпрессии и лечения декомпрессионного заболевания было впервые осуществлено Э. Моером в 1893 г. при постройке тоннеля на р. Гудзон⁸⁷. Фирма «Пирсон» в Лондоне построила для этого первую рекомпрессионную камеру. Однако только после введения таблиц декомпрессии, разработанных Дж. Холдейном, рекомпрессионные камеры стали устанавливаться повсеместно в местах проведения водолазных и кессонных работ.

Исследования Бера о влиянии повышенного барометрического давления на человека ограничивались, как известно, в основном изучением воздействий воздуха и кислорода. Отсюда понятны те ограничения по пребыванию под повышенным давлением, введение которых ему представлялось необходимым,— 10 атм. В дальнейшем было обнаружено, что воздух при таких давлениях оказывает не только токсическое, но и наркотическое действие.

⁸⁷ См.: Дэвис Р. Глубоководные водолазные спуски и подводные работы. М.: Морской транспорт, 1940, с. 8.



Л. А. Орбели

А. Бенке, Р. Томпсон и Е. Мотли в 1934 г. обнаружили, что наркотическим действием обладает не сам воздух, а содержащийся в нем азот. В связи с этим состояние, которое развивается при дыхании сжатым воздухом под повышенным давлением, они назвали «азотным наркозом». Это состояние характеризовалось начальными симптомами повышенной возбудимости, эйфорией, сменяющейся при дальнейшем повышении давления развитием торможения в различных отделах центральной нервной системы. У водолазов, погружавшихся на глубины более 60—80 м, возникали галлюцинации и наступала потеря сознания.

В последующем, благодаря исследованиям многих ученых, в частности отечественных — М. П. Бресткина, Е. М. Крепса, Л. А. Орбели, Б. Д. Кравчинского и др., было установлено, что применение сжатого воздуха вследствие развития наркотического состояния возможно при погружении водолазов до глубин 60—80 м. Ранние признаки так называемого «азотного наркоза» проявля-

ются уже при давлениях в 3 атм. Необходимость погружения человека на большие глубины привела к поиску инертных газов, способных заменить азот, т. е. обладающих меньшим наркотическим действием.

Одним из важных исследований в этой области стала работа Н. В. Лазарева «Биологическое действие газов под давлением» (1941 г.). Лазарев провел всесторонние исследования наркотического действия азота, гелия, аргона, неона, криптона, ксенона и метана на живые организмы, используя в качестве подопытного материала микробов, беспозвоночных животных и разных мелких млекопитающих.

Данная работа имела важное значение для разработки методов погружения и режимов декомпрессии водолазов при использовании для дыхания гелио-кислородных смесей на глубинах до 200 м.

В 1922 г. в США заинтересовались возможностью применения гелия в водолазной практике. Спустя шесть лет Е. М. Крепс и К. А. Павловский приступили к исследованиям физиологического действия гелия, в котором затем приняли также участие другие сотрудники кафедры физиологии ВМА им. С. М. Кирова (М. П. Бресткин, С. П. Шистовский, Б. Д. Кравчинский). Гелио-кислородная смесь была впервые использована для спуска водолазов на глубину 140 м на оз. Мичиган в 1938 г., а уже в следующем году нашла применение при проведении спасательных работ с подводной лодкой «Сквалус»; тогда же и были разработаны режимы декомпрессии для гелио-кислородной смеси. В СССР вопросами расчета и экспериментальной проверки гелио-кислородных режимов в 1939 г. начала заниматься Постоянная комиссия по аварийно-спасательному делу руководимая Л. А. Орбели. Испытания продолжались в годы Великой Отечественной войны и привели к созданию режимов декомпрессии до рекордной в те годы глубины 200 м.

В 1941 г. Н. В. Лазарев высказал мысль об использовании чередующейся подачи газовых смесей с различными индифферентными газами для уменьшения величины конечного насыщения тканей и ускорения декомпрессии. В дальнейшем эта идея была развита швейцарским математиком Г. Келлером и физиологом А. Бюльманом. Они, в частности, доказали: при погружениях на 300 м рациональная смена индифферентных газов может быть весьма

эффективной мерой сокращения периода декомпрессии и профилактики декомпрессионной болезни⁸⁸.

В настоящее время профилактика декомпрессионной болезни, основы которой были заложены Полем Бером, включает большой комплекс мероприятий. Главная роль в предупреждении заболевания отводится по-прежнему совершенствованию режимов декомпрессии с использованием преимуществ, создаваемых сменной подачей газовых смесей и применением кислорода. Другим важным направлением является отбор людей для работы в условиях повышенного давления газовой среды, их специальная тренировка и меры, направленные на повышение устойчивости к действию вредных факторов гипербарии и декомпрессии. Сюда относится также и выбор режима декомпрессии с учетом индивидуальных особенностей водолазов (кессонных рабочих) и реальных условий, в которых протекает их рабочая деятельность и декомпрессия. Принципиально новым направлением, зародившимся в последние годы, является контроль за водолазами в ходе декомпрессии с использованием технических средств обнаружения бессимптомных газовых пузырьков с целью доклинической диагностики и предупреждения декомпрессионной болезни. Другим новым направлением, изучаемым пока в лабораторных условиях, является применение фармакологических средств с целью повышения устойчивости к декомпрессионной болезни и ее профилактики*.

Новый подъем исследовательских работ по расширению возможностей работы человека в условиях повышенного барометрического давления начался в 60-х годах текущего столетия. Он определился необходимостью проведения широкого комплекса работ по освоению ресурсов Мирового океана, прежде всего его континентальной отмели — шельфа. Поиски новых источников сырья, таких, как нефть, газ, рудные ископаемые, поставили перед многими странами задачу разведки и добычи данных ресурсов в прибрежных зонах.

В свою очередь, успех решения данной задачи зависел от возможности длительной работы человека на глубинах,

⁸⁸ Keller H., Bühlmann A. A. Deep diving and short decompression time by breathing mixed gases.— J. Appl. Physiol., 1965, vol. 20, p. 1267.

* Материалы, использованные на с. 159—159, подготовлены И. А. Саповым, А. П. Лотовиным и Л. К. Волковым.

превышающих 200 м. Разработанные режимы декомпрессии не отвечали поставленной задаче: при данных режимах с увеличением глубины погружения сокращалось время пребывания на глубине водолазов и увеличивалось время декомпрессии. Таким образом, труд водолазов на глубинах, превышающих 200 м, перестал экономически себя оправдывать.

Решение данной проблемы заключалось в изучении возможностей длительного, многосуточного пребывания человека в условиях повышенного барометрического давления, т. е. необходимо было рассмотреть возможности жизни человека в искусственной газовой среде под таким давлением. При этом предполагалось, что ткани организма достигнут состояния полного равновесия с новой газовой средой и период декомпрессии хотя и будет увеличен, но уже не будет связан с длительностью пребывания под давлением.

Положительные результаты, полученные при исследованиях на животных, позволили в 1962 г. американским и французским физиологам провести первые исследования в условиях длительного пребывания человека под повышенным барометрическим давлением при использовании воздуха, азотно-кислородной и гелио-кислородной среды. Благодаря этим работам в 1970 г. глубину погружения человека в барокамере им удалось довести до 330—360 м, в 1971 г. — до 610 м и в 1977 г. — до 509 м (в море).

Поставленные практические задачи и обнадеживающие результаты исследования возможностей длительной работы человека в искусственной газовой среде под повышенным барометрическим давлением повлекли увеличение финансирования исследований по данной проблеме и приток научных кадров.

Для решения данных проблем в различных странах в настоящее время создано более 150 научных центров, оснащенных современными техническими средствами. На смену примитивным методам исследований эпохи Бера были разработаны методы, основанные на новейших достижениях автоматики и электроники, и целые барокомплексы. Современный гипербарический барокомплекс — сложное инженерно-техническое сооружение, оснащенное собственными вычислительными центрами для контроля за условиями среды в барокамерах и для обработки поступающей медико-технической информации. Сейчас

только за рубежом насчитывается более 40 таких гидробарокомплексов. С их помощью возможно моделировать все условия длительного погружения человека на глубины до 2000 м, т. е. при давлениях до 200 атм.

В настоящее время все программы научных исследований в области подводной биомедицины в основном развиваются в двух направлениях. В первом — изучается круг вопросов, связанных с факторами, лимитирующими погружение человека на наибольшие глубины (до 1000, а в перспективе до 2000 м), во втором — исследуются возможности адаптации человека к условиям водной среды и гипербарии на глубинах, доступных для практической деятельности.

Конечным, по-видимому, практически неразрешимым препятствием к проникновению человека в глубины океана является гидростатическое давление. Как показали многочисленные исследования, при давлениях 250—400 атм (2500—4000 м) у животных наблюдается угнетение окислительных процессов в тканях сердца, почек, мозга; спазматические мышечные сокращения, параличи; контрактура гладкой мускулатуры; снижение напряжения мышцы сердца; и т. д. Увеличение продолжительности воздействия повышенного давления приводило к необратимым изменениям в жизненно важных функциях.

При достижении максимальных глубин наиболее сложными на сегодня являются проблемы преодоления первичных и респираторных расстройств при гипербарии, связанных с периодами компрессии, изопрессии, декомпрессии. Самостоятельный интерес представляют вопросы особенностей профилактики и лечения декомпрессионных заболеваний на больших глубинах при применении метода длительного пребывания под повышенным давлением.

При погружении на глубины более 300—350 м у человека возникают неврологические расстройства, клинические проявления которых отличаются от состояния классического наркоза инертными газами. Как показали опыты на животных, эти нервные расстройства при увеличении давления могут привести к смерти. Симптоматика нервных расстройств в условиях повышенного давления была впервые описана в 1969 г. Р. Брауером и Х. Фруктюзом с соавторами и получила определение нервного синдрома высокого давления. В дальнейших ис-

следованиях было показано, что формирование этого синдрома зависит от скорости повышения давления. При увеличении скорости погружения его симптомы появились уже на глубинах 200 м, в то время как при медленной скорости компрессии они возникали лишь на глубине 460 м. Снижение скорости компрессии и введение экспозиции на глубинах более 200 м позволили водолазам французской фирмы «Комекс» достигнуть в барокамере рекордной глубины — 610 м без признаков синдрома высокого давления.

В 1969 г. французский физиолог Я. Шуто, варьируя скоростью компрессии, длительностью экспозиции на глубинах и газовым составом, довел глубину погружения крупных млекопитающих (коз) в гелиокислородной среде до 800—1000 м. На указанных глубинах эпилептический криз наступал через 7—24 часа.

Мелкие животные — мыши, крысы, белки — оказались более устойчивыми к воздействию гипербарической среды. Отмечены случаи выживания мышей после воздействия повышенного давления в 200 атм. Пределы применения гелиокислородной смеси на глубинах на сегодня остаются невыясненными.

Ограничение легочной вентиляции в основном объясняется повышением динамического сопротивления газовому потоку при увеличении плотности газов под давлением. В этом случае сопротивление тканей, выстилающих дыхательные пути, за исключением патологических случаев, не меняется. Естественно, что с увеличением динамического сопротивления для поддержания постоянного объема вентиляции дыхательные мышцы должны увеличить работу, причем при возрастании плотности газов, т. е. при увеличении динамического сопротивления, эта работа может возрасти настолько, что потребляемый кислород будет обеспечивать только дыхание. Такое состояние согласно расчетам наступит при увеличении плотности газов в 30 раз, что эквивалентно глубине погружения с применением гелиокислородной смеси — 1800 м. Эти величины характерны для состояния покоя. Каковы же они будут при работе водолазов в снаряжении, обладающем дополнительным мертвым пространством и добавочным сопротивлением?

Максимальная объемная скорость потока газов при дыхании в условиях гипербарии снижается вследствие



И. Р. Тарханов

повышения сопротивления за счет утолщения внутрилегочных дыхательных путей, наступающего по мере увеличения давления газов. Снижение вентиляции в условиях гипербарии может существенно ограничивать обмен углекислого газа и кислорода в легких, способствуя в определенных условиях формированию гиперкапнии и гипоксии. Однако до настоящего времени недостаточно известны конкретные условия возникновения этих состояний.

Опытные водолазы способны адаптироваться к высоким величинам накопления углекислого газа в организме. Высокое содержание углекислого газа в крови у них (до 70 мм рт. ст.) не вызывают ожидаемого увеличения реакции дыхания. Таким образом, можно говорить о снижении в условиях гипербарии чувствительности дыхательного центра к парциальному давлению углекислого газа, однако не ясен механизм этого явления. Увеличение содержания углекислого газа усиливает проявление наркоза инертных газов, но мало известно о влиянии CO_2 на формирование нервного синдрома высокого давления.

Как известно, скорость диффузии зависит от плотности газов, поэтому возможно ожидать в условиях повы-

шенного давления ухудшение процесса диффузии в газовой фазе обмена кислорода и углекислого газа. В связи с этим остаются недостаточно выясненными вопросы динамики газов в зависимости от плотности, а также молекулярных весов инертных газов — разбавителей.

Во всяком случае сегодня для обеспечения возможностей дыхания при повышенном давлении практически почти всегда повышается содержание кислорода в смеси газов, что еще более усложняет реакцию дыхания и кровообращения.

Формирование гипоксических явлений при гипербарии возможно не только за счет гиповентиляции, но и благодаря неравномерности вентиляции — перфузии, альвеолярно-артериального обмена, а также клеточного обмена и изменения проницаемости клеточных мембран при увеличении массы диффундирующих газов.

Внедрение методов длительного пребывания человека под водой в условиях гипербарии на уже достигнутых в исследованиях глубинах определяет необходимость разработки оптимальных условий газовой среды и микроклимата в барокамерах, подводных аппаратах, подводных лабораториях, обеспечивающих отдых, восстановление организма после работы под водой.

В настоящее время известны лишь предельно-допустимые величины гипербарической среды жилых камер, транспортных устройств и водолазного снаряжения. Наиболее важные данные в связи с этим представляют показатели температуры, влажности, содержания кислорода, азота, гелия, ионного состава газовых смесей, уровней шума, освещенности и др. В то же время сведения о состоянии человека, выполняющего работу под водой, пока крайне ограничены. Условия и режимы труда водолазов не имеют достаточного научного обоснования и сложились на основе практического опыта. Об их опасном и вредном воздействии на организм свидетельствуют необычайно высокие показатели травматизма и заболеваемости водолазов. Уровень производственного травматизма с летальным исходом по зарубежным данным составляет 1 на 1000 работающих, а количество профессиональных заболеваний — 1 на 20—200 погружений. По тем же данным водолазы имеют высокий процент неврологических, кардиореспираторных заболеваний, заболеваний органов слуха, 20—46% водолазов страдают отдаленными, так назы-

ваемыми немymi формами декомпрессионных заболеваний — асептическим некрозом костей. Причем это заболевание отмечено и у водолазов, работающих и на малых глубинах, т. е. без прохождения рабочей декомпрессии. Условия формирования общей и профессиональной патологии водолазов недостаточно изучены, а меры их профилактики и лечения мало разработаны.

Успешное и широкое внедрение в практику методов погружения человека на большие глубины при повышенном атмосферном давлении возможно только при проведении комплексных биологических и медицинских исследованиях возможностей адаптации организма человека к условиям гипербарии. Эти исследования должны быть направлены на определение оптимальных сроков пребывания под повышенным давлением, обоснование периодов отдыха между повторными длительными экспозициями, разработку критериев и методов индивидуального отбора и специальной тренировки водолазов, обоснование мероприятий по повышению устойчивости организма к гипербарии, составлению рациональных режимов труда и отдыха в период экспозиции, и др.

Таким образом, исследования Поля Бера, посвященные влиянию повышенного давления газовой среды на живые организмы, не только не потеряли своего значения, но и успешно развиваются как важная современная область биологической науки — подводная физиология и медицина.

Кислородное отравление и лечебное применение кислорода

Открытие Бером токсического действия кислорода на живые организмы было настолько необычным, что вызвало у некоторых его современников недоверие. Сама мысль о токсичности кислорода казалась им просто нелепой.

Правда, до Бера отдельные авторы (Пристли, 1774; Пфлюгер, 1868) высказывали мнение о вредном влиянии повышенного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе. Однако их предположения были малодоказательными и тонули в целом море ложных и совершенно невероятных представлений.

По словам Поля Бера, токсическое действие кислорода явилось «неожиданным открытием» при анализе при-

чин гибели воробьев, находившихся под высоким давлением воздуха. С целью исследования этого «неизвестного» отравления Бер проделал целую серию опытов и установил, что «кислород под известным давлением является грозным агентом, который в сжатом воздухе замкнутых помещений... является... единственной причиной смерти; это напряжение... всегда может быть достигнуто или повышением барометрического давления, или увеличением процентного содержания кислорода»⁸⁹.

Интересна последовательность экспериментов, проведенных Бером. Изучая влияние сжатого воздуха (максимальное давление достигало 25 атм) на воробьев, он обнаружил их гибель через определенный промежуток времени. Пытаясь выяснить причину неблагоприятного действия высокого барометрического давления, Бер проводил анализы воздуха, содержащегося в камере в конце опыта, и установил, что смерть птиц обусловлена не столько накоплением в ней CO_2 , сколько какой-то другой причиной. В следующей серии опытов CO_2 внутри камеры поглощается натронной щелочью, однако птицы продолжали гибнуть. Тогда Бер предположил, что виновником смерти животных может быть повышенное давление кислорода во вдыхаемом воздухе. Для подтверждения этой гипотезы Бер использовал в экспериментах сжатый воздух, обогащенный кислородом, и убедился в правильности своих выводов. Действительно, кислород являлся «быстро убивающим ядом». Животные при этом погибали в судорогах. «Судороги,— констатировал Бер,— появляются обыкновенно через 5—10 мин; птица изгибает голову и ноги и ходит точно как бы по горячим углям; она вся дрожит. Вскоре в более тяжелых случаях она раскрывает крылья, трепещет ими и падает на спину, сильно хлопая крыльями и подогнув ноги к туловищу; это продолжается несколько минут, после чего судороги успокаиваются, затем снова возобновляются все чаще и чаще, не слабее до самой смерти... Во время приступов судорог и в промежутках между ними дыхательные движения порывисты и глубоки... При очень высоких давлениях смерть наступает во время первого приступа... припадки не прекращаются и тогда, когда птица помещена в... воздухе при

⁸⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 128.

нормальном давлении, и здесь еще может наступить смерть»⁹⁰.

А вот картина кислородного отравления, развившегося у собаки. «С течением времени болезненные явления усилились... судороги сделались чрезвычайно сильными: тонические напряжения сменились клоническими судорогами конечностей, шеи, нижней челюсти и глазных мышц. ...судороги продолжаются почти непрерывно и... могут быть вызваны прикосновением к животному, ударом по столу и введением градусника в прямую кишку. Во время приступов судорог дыхание останавливается, но биения сердца продолжаются»⁹¹.

«Когда животное вынимают из аппарата, оно находится в состоянии общих тонических судорог; все четыре ноги тверды, негибачемы, туловище изогнуто кзади, глаза выпячены, зрачки расширены, челюсти сжаты... Вскоре наступает как бы ослабление припадка, за которым следует новый приступ окоченения с клоническими судорогами, похожими на те, которые бывают при отравлении стрихнином или при столбняке... Через несколько времени эти судорожные приступы, которые сначала появлялись каждые 5—6 мин, становятся не так часты и сильны; ослабление окоченелости в промежутках между судорогами становится более полным, и наконец через несколько минут, а иногда часов все проходит. В более легких случаях вместо... отвердения мышц замечаются только беспорядочные движения, местные судороги...»⁹²

Теперь Бер решил определить, «при каком напряжении кислорода наступают судорожные явления?»⁹³ По его данным, у воробьев судороги появляются, когда давление воздуха поднимается до 15 атм, однако «угрожающие симптомы начинают обнаруживаться гораздо раньше... и становятся ясно выраженными начиная с 6 атм, а особенно с 12 атм»⁹⁴. Собаки оказались более резистентными к кислородному отравлению. Судороги у них возникли при напряжении кислорода, соответствующем 19 атм воздуха, и вызвали быструю смерть при давлении выше 27 атм.

⁹⁰ Там же, с. 326-327.

⁹¹ Там же, с. 336.

⁹² Там же, с. 360.

⁹³ Там же, с. 326.

⁹⁴ Там же.

Таким образом, Бер еще в первых сериях экспериментов подметил наличие различной чувствительности к токсическому действию гипероксии у животных разных классов. Бер также обнаружил, что продолжительность пребывания животного в среде сжатого воздуха оказывает прямое влияние на «интенсивность отравления кислородом»⁹⁵, т. е. что кислороду присуще хроноконцентрационное действие, обусловленное влиянием как величины PO_2 , так и продолжительности экспозиции.

В опытах на собаках Бер попытался определить зависимость между скоростью развития судорог и содержанием кислорода в крови животного. В результате он пришел к следующему выводу: «...невозможно точно определить... количество кислорода (в крови.— *С. Е.*), которое вызывает судороги и смерть... Верно только то, что когда животное погибало, то количество кислорода в его крови превышало 30 объемов на 100 крови. Это возрастание очень велико, т. е. оно колеблется между $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{2}$ сверх нормы»⁹⁶. Следовательно, кислород чрезвычайно токсичен, причем смертельная доза кислорода может лишь на треть превосходить обычное содержание его в артериальной крови.

Еще в первых экспериментах Бер отмечал, что «судороги наступают только через некоторое время после начавшегося повышения давления»⁹⁷. Наличие этого бессимптомного периода, по мнению Бера, было связано с тем, «чтобы ткани успели пропитаться кислородом, чтобы они забрали его свыше того, что они имеют и обыкновенно получают от крови...»⁹⁸. Сравнивая это наблюдение Бера с другими, где «появление жесточайших судорог начинается тотчас же, как только давление воздуха перейдет 20 атм ... но серьезные симптомы обнаруживаются уже начиная с 6 атм»⁹⁹, можно думать, что Бер сумел подметить определенную стадийность в течении кислородного отравления.

Как известно, регуляция проникновения кислорода в организм в обычных условиях имеет только одну цель — избежать кислородного голодания. Повышенное же содер-

⁹⁵ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 351.

⁹⁶ Там же, с. 356.

⁹⁷ Там же, с. 358.

⁹⁸ Там же.

⁹⁹ Там же, с. 617.

жание кислорода во вдыхаемом газе — фактор биологически «непривычный». В связи с этим реакции, направленные на ограничение избыточного поступления кислорода к тканям, многие авторы в настоящее время рассматривают только как результат выключения привычного для организма раздражителя — кислородной недостаточности. Среди начальных реакций организма на дыхание кислородом под давлением закономерно отмечаются урежение дыхания и сердцебиения, уменьшение сердечного выброса, объема циркулирующей крови, числа действующих капилляров и пр. Все эти реакции носят рефлекторный характер и расцениваются как компенсаторно-приспособительные, защищающие клетки от проникновения избыточного для них количества кислорода.

О том, что Бер уже хорошо знал о существовании подобного антигипероксического механизма, свидетельствует его следующее высказывание: «Замедление дыхания и кровообращения при высоких давлениях, легко наблюдаемое у хладнокровных животных... ведет к уменьшению количества кислорода, которое должно поступить в кровь...»¹⁰⁰. В другом месте он пишет: «...насыщение крови кислородом (под давлением 6 атм воздуха и больше. — С. Е.) является неблагоприятным условием, но раз оно наступило — по счастливой гармонии появляется остановка дыхания, которая тотчас же и прекращает это насыщение»¹⁰¹.

Таким образом, Бер первый расценил урежение дыхания и сердцебиения, возникающие в среде сжатого воздуха, как реакции приспособительные, направленные на уменьшение доставки кислорода к тканям, хотя существование в условиях повышенного давления подобных явлений было известно и до него.

Большое место в исследованиях Бера занимал вопрос: изменяется ли интенсивность окислительных процессов в организме под влиянием повышенного давления кислорода. Эту проблему он считал ключевой в выяснении генеза кислородного отравления. С этой целью Бер провел ряд экспериментов на воробьях, крысах, собаках (использовался метод непрямой калориметрии), показавших, что утилизация кислорода и выделение CO_2 уменьшаются

¹⁰⁰ Там же, с. 301.

¹⁰¹ Там же, с. 619.

при увеличении PO_2 во вдыхаемом воздухе. Количество мочевины, выделяемой с мочой, при этом также снижалось, а содержание сахара в крови и моче собак после судорог оказывалось повышенным, иногда весьма значительно, по сравнению с его количеством до начала опыта. Все это наряду с падением температуры тела Бер рассценивал как показатели снижения обмена веществ под влиянием высоких давлений кислорода.

Пытаясь разобраться в патогенетических механизмах развития кислородных судорог, Бер проводит опыты на лягушках. При этом он устанавливает, что «судороги происходят от спинного мозга *, сообщающего свое возбуждение мышцам через посредство двигательных нервов...»¹⁰².

Однако судороги только одно из проявлений кислородного отравления. По мнению Бера, «смерть высших животных в действительности происходит от общего действия кислорода на организм, но при этом на первый план выступает раздражение центральной нервной системы, элементы которой, как более чувствительные, реагируют первыми и нарушают жизненные процессы; поэтому смерть наступает прежде, чем другие элементы будут заметно поражены»¹⁰³. В другом месте Бер пишет: «Собака в сжатом воздухе прежде всего поражается судорогами; последние... убивают ее... прежде, чем другие анатомические элементы будут поражены на смерть, которая и для них является только вопросом времени»¹⁰⁴. Это очень важные высказывания. Однако Бер в этих опытах имел дело только с высокими давлениями кислорода, поэтому он мог наблюдать лишь судорожную форму кислородного отравления, получившую впоследствии в литературе, как уже говорилось, название «эффекта Бера».

В настоящее время принято различать три формы кислородной интоксикации — судорожную, легочную, общетоксическую. Судорожная форма отравления возникает

* Сейчас также считают кислород судорожным ядом, действующим на центральную нервную систему, но основным местом его приложения является не спинной, а головной мозг (преимущественно ствол и мозжечок).

¹⁰² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 330—331.

¹⁰³ Там же, с. 471.

¹⁰⁴ Там же, с. 622.

под влиянием относительно высоких давлений кислорода (3 абс. атм и выше). Поражению при этом наиболее подвержена центральная нервная система, в связи с чем такую форму обозначают как нейротоксическую, мозговую или судорожную. Легочная и общетоксическая формы возможны при длительном, нередко повторном воздействии малых давлений кислорода, причем ведущими являются изменения в легких и других органах (Жиرونкин, 1972 г.).

Бер понимал, что расшифровка механизма кислородного отравления связана с изучением происходящих при этом нарушений обмена веществ. Но попытка Бера проникнуть в глубь этих процессов, выяснить, как он выражался, «молекулярные превращения» в тканях была, учитывая возможности науки того времени, конечно, не реальной, хотя сама постановка такой задачи, безусловно, делает честь Беру как ученому. Бер считал судороги только одним из проявлений кислородного отравления. «...Бурные явления, которые предшествуют и обуславливают смерть, зависят от чрезмерного возбуждения нервных центров... Но можно ли сказать, что кислород поражает одни только нервные элементы? ...все говорит против такого предположения... все... указывает на общее действие, которое, очевидно, должно распространиться и на анатомические элементы высших животных... Под влиянием сжатого кислорода в самих недрах каждого анатомического элемента происходят химические изменения, не совместимые с жизнью этого элемента... Отсюда происходит общее ослабление жизненных химических процессов: уменьшение поглощения кислорода; уменьшение образования угольной кислоты; уменьшение выделения мочевины; отсюда же появление в моче сахара, который больше уже не разрушается в достаточной степени; отсюда, наконец, необычайное понижение температуры... появляются судороги... которые указывают, что глубокое химическое изменение произошло либо в самой ткани спинного мозга, либо в крови, которая ее смывает и приносит вредные ядовитые вещества»¹⁰⁵.

Стремление разобраться в генезе кислородного отравления заставило Бера после того, как он выдвинул гипотезу о некоем ядовитом веществе, циркулирующем в кро-

¹⁰⁵ Там же, с. 468, 482, 483.

ви, исследовать свойства крови животных, подвергнутых действию высоких давлений кислорода. В этой связи Бер писал: «...я должен был задаться вопросом, не изменяется ли непосредственно сама кровь под влиянием этого избытка кислорода, и не является ли она сама причиной судорог. Микроскопическое исследование шариков крови, правда, не открывало в них никаких изменений ни в форме, ни в величине*, но этого мало, и я впрыснул в кровь здоровой собаки кровь, хорошо насыщенную кислородом, содержащую соответственно 24, 33 и 34 объемов кислорода (кровь вводилась трём собакам.— С. Е.)... Оказалось, что... при таком же насыщении крови кислородом и даже больше, которое служит причиной смерти, она не приобретает никакого вредоносного качества и переносится безнаказанно в очень больших количествах, равных $\frac{1}{19}$ веса тела... другого животного»¹⁰⁶. Поэтому Бер пришел к выводу: это гипотетически ядовитое вещество находится не в крови, а в каких-то иных тканевых структурах. Последнее также, по его мнению, подтверждается тем, что «ослабление окислительных процессов в присутствии избытка кислорода имеет место не только у животных с красными кровяными шариками, но и вообще у всех живых существ... По-видимому, под влиянием сжатого кислорода в анатомических элементах образуется какое-то ядовитое вещество, которое не всегда может быть выведено из организма и продолжает смертоносное действие даже тогда, когда производящая причина исчезла. Делать дальнейшие предположения на этот счет мне кажется было бы неблагоприятно при современном состоянии науки»¹⁰⁷. Однако в другом месте Бер пишет: «Единственно, что я могу сказать, это то, что все вещества, подвергнутые высокому давлению: мясо, яйца, молоко, хлеб,— быстро дают кислую реакцию, зависящую, вероятно, частью от молочной кислоты. Очень

* Начало исследований по изучению влияния повышенного давления кислорода на форменные элементы крови обычно связывают с именами Regnard (1897 г.) и Bornstein and Stroink (1912 г.), хотя, как видно из приведенной цитаты, первым был П. Бер. (Прим. С. Е.)

¹⁰⁶ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 358—359.

¹⁰⁷ Там же, с. 621.

возможно, что присутствие этой кислоты внутри анатомических элементов и является причиной смерти»¹⁰⁸.

Гипотеза Бера, объясняющая развитие кислородных судорог накоплением в организме вследствие нарушения обменных процессов какого-то ядовитого вещества, нашла в дальнейшем своих продолжателей. Так, Гезелл (1923), а затем Кэмпбелл (1928—1930), Тейлор (1949), Джонсон и Мэттьюз (1953) и др. связывали появление судорог при гипероксии с задержкой в тканях CO_2 из-за нарушения его транспорта в результате блока системы гемоглобин — оксигемоглобин (при последующей проверке эта точка зрения оказалась несостоятельной). Кэмпбелл (1937) считал, что судороги при высоких давлениях кислорода возникают в результате появления в крови больших количеств производных холино- или гистаминоподобных веществ. Сравнительно недавно рядом авторов (З. Г. Броновицкая, 1960; Б. А. Херувимова, 1962; В. И. Шумская, 1963; З. С. Гершеневич, М. М. Габибов, 1968; и др.) было обнаружено накопление в ткани мозга аммиака, что, по их мнению, имеет важное значение в генезе кислородных судорог.

Большое внимание Бер уделял возможностям терапевтического воздействия на кислородное отравление при уже развившихся судорогах. «Так как кислород действует на спинной мозг подобно стрихнину, карболовой кислоте и т. д., то хлороформ должен прекращать судороги, так как он тоже действует на спинной мозг»¹⁰⁹. При этом он подчеркивал, что «вдыхания хлороформа моментально прекращают судороги, которые снова появляются, как только прекращается анестезия»¹¹⁰. Здесь Бер коснулся чрезвычайно важного вопроса лечения и профилактики кислородного отравления — темы, не потерявшей своей актуальности и в настоящее время. Заслугой Бера является то, что, впервые столкнувшись с этой проблемой, он сумел дать четкий и вместе с тем исчерпывающий ответ. Применительно к наркотическим веществам это положение было сформулировано следующим образом: «...анестезия мешает наступлению судорог... но она не мешает наступлению смерти, заставляющей животное в

¹⁰⁸ Там же, с. 481-482.

¹⁰⁹ Там же, с. 331.

¹¹⁰ Там же, с. 362.

полном покое»¹¹¹. К сожалению, не только современники, но и ближайшие продолжатели дела Бера не обратили должного внимания на эти слова, и их значение было оценено только последующими поколениями ученых.

Как известно, надежных средств, предотвращающих кислородную интоксикацию, нет и в настоящее время. Ламбертсен (1966 г.) утверждает, что их, по-видимому, не будет и в будущем, поэтому сейчас можно говорить о препаратах, лишь в какой-то мере задерживающих развитие кислородного отравления. Критерием эффективности большинства применяемых средств обычно служит ослабление нейротоксического эффекта гипероксии, под которым подразумевается удлинение латентного периода интоксикации. Однако временное или даже полное предупреждение судорог не означает еще действительную защиту организма от кислородной интоксикации; токсическое действие кислорода на клеточные структуры и их форменные системы будет при этом развиваться своим чередом. Типичным примером подобного рода служит использование наркоза, который, предупреждая развитие судорог, ни в коей степени не уменьшает насыщения ткани мозга кислородом. О сохранении токсического действия кислорода свидетельствуют наступающие при этом патоморфологические изменения ЦНС (И. П. Березин, 1974), а также возможность развития симптомов кислородной интоксикации в постдекомпрессионном периоде после выхода из наркоза (Ван ден Бренк, 1962).

В феврале 1873 г. Бер обобщил свои исследования по кислородной интоксикации и представил в Парижскую академию наук следующие выводы: «... 1. Кислород является быстро убивающим ядом как только количество его в артериальной крови поднимается до 35 см³ на 100 см³ крови. 2. Отравление им характеризуется судорогами различного типа, смотря по тяжести случая, то типа столбняка, то как при отравлениях стрихнином или карболовой кислотой, то как при эпилепсии, и т. д.*

¹¹¹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 331-332.

* Таким образом, Бер первым установил сходство кислородных судорог с эпилептическими. В настоящее время большинство авторов также считают кислородные судороги аналогичными эпилептическими (с этим, собственно говоря, и связан термин «кислородная эпилепсия»). Однако, несмотря на то что клинические проявления гипероксического судорожного криза у че-

3. Все эти явления, прекращающиеся от хлороформа, зависят от увеличения экситомоторной (производящей движение) силы спинного мозга. 4. Они сопровождаются значительным и постоянным понижением температуры тела»¹¹².

Следовательно, еще за пять лет до выхода в свет книги «Барометрическое давление» Поль Бер четко сформулировал основные результаты своих исследований по кислородному отравлению. Поэтому датой обнародования Бером учения о токсическом действии кислорода следует считать 1873 год.

Все исследования Бера, изложенные до сих пор, касались токсического влияния высоких давлений кислорода на птиц и млекопитающих. Для доказательства универсальности отравляющего действия кислорода Бер поставил ряд экспериментов на беспозвоночных животных, а потом на растениях и микробах. В результате он установил: «...действие сжатого кислорода проявляется и на беспозвоночных животных так же, как и на высших... самыми чувствительными были мухи, после них пчелы и бабочки, затем стрекозы и клопы; значительно выносливее муравьи и жесткокрылые насекомые; гораздо дольше противостоят мокрицы, паукообразные и сороконожки; наконец, еще дальше следует поставить земляных червяков и улиток, по крайней мере в отношении продолжительности жизни»¹¹³.

Следовательно, несмотря на универсальность токсического действия кислорода, чувствительность к нему различных животных, как показали опыты Бера, оказалась неодинаковой. Последующие эксперименты Томпсона (1889 г.), С. И. Прикладовича (1936 г.), Н. Н. Сиротина (1952 г.), А. В. Войно-Ясенецкого (1958 г.) и других полностью подтвердили первоначальные данные Бера; при этом выяснилось, что животные, стоящие на низком уровне филогенетического развития, более резистентны к действию сжатого кислорода. На это также указывал Бер,

ловека и возникающие при этом изменения ЭЭГ во многом напоминают таковые при эпилептическом припадке, полностью их отождествлять, по-видимому, нельзя. (Прим. С. Е.)

¹¹² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 362.

¹¹³ Там же, с. 373.

сравнивая влияние кислорода на холоднокровных и теплокровных животных.

Изучая действие повышенного давления кислорода на процессы гниения и тем самым на соответствующие микроорганизмы, Бер установил, «что в сжатом в достаточной степени воздухе (10, 15 атм воздуха насыщенного на 80% кислородом.— *С. Е.*) гниение не наступает... степень напряжения кислорода, при которой начинают ослабевать окислительные процессы, вызванные возбудителями гниения, совпадает с той степенью напряжения, при которой начинает проявляться губительное действие кислорода»¹¹⁴. По данным Бера, кислород под давлением, кроме того, предохраняет от загнивания яйца, а также предупреждает свертывание молока (т. е. «убивает не только гнилостные, но и молочнокислые бактерии»), брожение виноградного вина, образование плесени на хлебе и в растворе крахмала. В заключение Бер отмечает: «...достаточно указать на общность ядовитого действия сжатого кислорода, одинаково проявляющегося на теплокровных и холоднокровных животных, на позвоночных и беспозвоночных, на животных, живущих в воде, и тех, которые дышат атмосферным воздухом, на взрослых и зародышей... и перенести эти выводы на растения и ферменты — словом, на все живое»¹¹⁵.

Согласно распространенной в настоящее время точки зрения, универсальность токсического действия кислорода связана с тем, что при кислородном отравлении происходит ингибирование ферментов, в частности оксидоредуктаз, в результате чего клетки утрачивают способность использовать доставляемый им кислород. Особенно чувствительными оказались энзимы, содержащие сульфгидрильные группы. По универсальности своего влияния на живой организм токсический эффект кислорода может быть сравним только с действием ионизирующей радиации. Гипотеза об аналогии действия на организм высокого давления кислорода и ионизирующего излучения за последние годы получила довольно широкое распространение. Под влиянием радиации в тканях образуются свободные радикалы и в то же время, при наличии водородных ионов, кислород при восстановлении также проходит

¹¹⁴ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 430, 436.

¹¹⁵ Там же, с. 375.

стадию свободных радикалов. Эти чрезвычайно активные интермедиаты одноэлектронного восстановления кислорода (супероксидный анион-радикал, синглетный кислород, ОН-радикал) обладают способностью инициировать и поддерживать ценные реакции неконтролируемого перекисного окисления различных субстратов (в том числе липидов биологических мембран), повреждать молекулы ДНК и белков, деполимеризовать полисахариды. Не исключено, что наряду с инактивацией ферментов при этом происходит изменение электрохимического потенциала биомембран и нарушение трансформации одного вида энергии в другой, что и является, по всей вероятности, одной из ведущих причин развития кислородного отравления и судорог (нарушение мембранного потенциала нервных клеток)¹¹⁶.

Чрезвычайно интересной частью работы Бера являются его попытки выявить, в каком диапазоне давления кислород не обладает токсичностью. С этой целью Бер предпринял изучение действия сжатого воздуха при давлениях до 5 атм. Бер производил эксперименты над лягушачьими яйцами, коконами шелковичного червя, куколками мух, головастиками, личинками комара, небольшими рыбами, а также семенами растений (ячмень и пр.) и самими растениями (мимоза). Свои исследования он подытоживает следующим образом: «...итак, мне кажется доказанным, что повышение давления (воздуха.— С. Е.) до 4 или 5 атм, или, говоря точнее, кислород при напряжении от 80 и выше (об.%.— С. Е.), имеет на животных губительное влияние, которое на холоднокровных животных проявляется через несколько дней и которое несравненно быстрее дало бы печальные результаты у теплокровных животных. Другой вывод, который можно сделать,— это тот, что увеличение напряжения кислорода за пределы его нормального содержания в обыкновенном воздухе не только не представляется полезным, а, пожалуй, наоборот...»¹¹⁷. Это подтверждается также тем, что прораста-

¹¹⁶ Жиронкин А. Г. Физиологическое и токсическое действие кислорода. Л.: Наука, 1972; Кричевская А. А. Некоторые черты азотистого обмена мозга при гипероксии: Докт. дисс. Ростов н/Д, 1963; Селивра А. И. Функции центральной нервной системы в условиях гипербарической оксигенации: Физиология человека и животных. М.: Медицина, 1974, с. 14, 63—116.

¹¹⁷ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 402—403.

ние семян и рост зеленых растений «под давлением выше и ниже атмосферного... замедляется и даже прекращается»¹¹⁸. «Таким образом, является доказанным,— продолжает Бер,— что для здорового животного обыкновенное атмосферное давление представляет собой самые лучшие условия жизни; повышения же давления, сколько-нибудь заметного, надо скорее бояться, чем желать»¹¹⁹.

Тем самым Поль Бер предвосхитил исследования последних лет, когда при помощи таких современных методов, как электронная микроскопия и гистохимия, было установлено, что практически даже небольшое повышение величины PO_2 во вдыхаемой смеси по сравнению с его содержанием в воздухе на уровне моря при длительном воздействии является далеко не безобидным.

Бер не только показал токсичность повышенного давления кислорода, но и экспериментально определил его летальную дозировку. По его мнению, «все живые существа (начиная от теплокровных животных и кончая плесневыми грибами, водорослями и т. д.— С. Е.) погибают безвозвратно, как только напряжение кислорода поднимется на достаточную высоту. Можно утверждать, что ни одно из них не может противостоять напряжению кислорода, соответствующего 20 атмосферам воздуха»¹²⁰. Следовательно, «начиная с известного предела напряжения кислорода в окружающей атмосфере жизнь становится невозможной...»¹²¹. В пересчете на чистый кислород его тотальная летальная доза составляет, по данным Бера, 4 абсолюта. атм.

Таким образом, основные теоретические положения, выдвинутые Бером в его книге, сводились к следующему: все обитающие на земле живые существа приспособлены к тому барометрическому давлению, которое имеет место на поверхности земли и в условиях которого они постоянно обитают. Значительное увеличение или уменьшение барометрического давления оказывает неблагоприятное влияние на физиологическое состояние животных и человека.

Бер полагал, что в будущем в процессе развития жизни на нашей планете содержание кислорода в воздухе

¹¹⁸ Там же, с. 416-417.

¹¹⁹ Там же, с. 403.

¹²⁰ Там же, с. 483.

¹²¹ Там же, с. 617.

будет неуклонно уменьшаться. При этом живые существа, которые менее всего нуждаются в кислороде, — микроорганизмы, вероятно, первыми возникшие на земле в условиях атмосферы с низким содержанием кислорода, последними и исчезнут в период, когда PO_2 воздуха будет уже крайне мало.

Согласно этой концепции, растения появились на земле раньше животных, в период, когда в атмосфере было большое содержание CO_2 и почти отсутствовал кислород. Их появление было важным этапом в развитии жизни на земле: оно привело к повышению концентрации O_2 в атмосфере. Эти представления Бера о роли O_2 для развития жизни на земле вполне современны.

Бер также указывал на основной механизм, определяющий неблагоприятное влияние понижения и повышения давления внешней среды на организм животных и человека. При снижении барометрического давления парциальное давление кислорода в воздухе, дыхательных путях и крови падает, утверждал Бер, в результате чего снабжение кислородом тканей уменьшается и возникает аноксемия — кислородное голодание. Увеличение барометрического давления приводит к повышению парциального давления кислорода в крови и тканях, что при определенных уровнях PO_2 также ведет к снижению (нередко очень значительному) интенсивности окислительных процессов в организме, и, вероятно, к изменению характера их течения.

Наряду с влиянием на организм животных изменений давления воздуха, и в частности кислорода, Бер, как уже отмечалось, изучал «действие угольной кислоты на живые существа». Главное внимание он уделял механизму развития и симптоматиологии отравления CO_2 .

Во времена Бера физиологическая роль CO_2 была мало известна. Долгое время его рассматривали лишь как вредный для организма конечный продукт метаболизма. Только во второй половине XIX в., в основном после работ Мишер-Рюш (1885 г.), Моссо (1899 г.), П. Альбицкого (1884, 1911 гг.), к углекислоте стали относиться как к весьма важному биологически активному соединению, необходимому для нормальной жизнедеятельности организма.

Экспериментальные данные Бера внесли значительный вклад в проблему исследования процесса газообмена.

Кроме того, он первый открыл и подробно изучил действие высоких концентраций CO_2 в крови.

Описание этой части своего труда Бер начинает с выяснения величины «смертельного напряжения» CO_2 в воздухе и в крови. Прежде всего он указывает, что CO_2 подчиняется тем же газовым законам, что и кислород, и азот. Как и при кислородном отравлении, смертельный уровень содержания угольной кислоты во вдыхаемом воздухе зависит от вида животного. В то же время Бер подчеркивает: «...причиной смерти является не напряжение угольной кислоты наружного воздуха, а ее напряжение в крови. Первое только служит определением второго... Нужно... известное время, чтобы в артериальной крови успело накопиться достаточное количество CO_2 , а это накопление может происходить двояко: 1) путем воспрепятствования выделению CO_2 из венозной крови во время перехода через легкие; 2) путем поглощения в излишестве CO_2 из окружающего воздуха...»¹²². Таким образом, Бер четко сформулировал наличие двух механизмов развития отравления CO_2 — эндогенного и экзогенного.

Относительно тех случаев интоксикации, которые связаны с нарушением выделения CO_2 из тканей, Бер пишет: «Угольная кислота крови берется из тканей; при нормальном состоянии устанавливается известное равновесие напряжения между количеством этого газа... в тканях и тем, которое остается в крови... Если по какой-либо причине окажется избыток угольной кислоты в крови, она должна в избытке же оставаться в тканях; весь организм, таким образом, должен пропитаться этим в высшей степени легко растворимым газом»¹²³.

Бер описал и симптомы острого отравления CO_2 . «Число сердечных сокращений,— констатировал он,— уменьшается пропорционально возрастающему количеству углекислоты в крови... Сердце дольше всего противостоит действию CO_2 , и его сокращения — это последние признаки жизни, которые еще можно отыскать у умирающего животного. Число дыханий... в начале опыта... увеличивается, но, когда количество угольной кислоты в крови достигнет до 90 об. на 100, является значительное замедление дыханий, доходящее в последний час жизни до 2—4 в

¹²² Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 557-558.

¹²³ Там же, с. 571.

минуту... вначале является скоро проходящее возбуждение, но, как скоро в крови накопится до 60—70 об. CO_2 , животное становится неподвижным, не пытается убежать, а затем уже и не реагирует на щипки, уколы, даже на электризацию чувствительных нервов... Эта нечувствительность полная; раздражение седалищного нерва щипанием или электрическим током не вызывает общего движения и никакого изменения ни в ритме дыхания, ни в кровяном давлении... ни в величине зрачков... хотя последние еще сокращаются от прямого действия света» ¹²⁴.

Видимо, Бер первый выявил наркотический эффект повышенных концентраций углекислого газа: «Известно, что, по мнению Броун-Секара, угольная кислота является ядом, вызывающим судороги; этот ученый объясняет сильные судороги и кровоизлияния при асфиксии действием угольной кислоты, накапливающейся в тканях. Я уже давно сделал возражение на это объяснение...» ¹²⁵.

Бер прочил большое будущее использованию в практической медицине наркотических свойств высоких концентраций CO_2 . По его словам, «если давать животным для дыхания смесь из угольной кислоты и кислорода... то нечувствительность (при содержании в смеси 40% CO_2 .— *С. Е.*) наступает через 3—5 минут... Эти результаты показывают, что применение в хирургии угольной кислоты в смеси, содержащей 40% этого газа и 60% кислорода, могло бы дать хорошие результаты, не изменяя кровяного давления... Но не следует переходить эту границу содержания угольной кислоты в смеси» ¹²⁶. Углекислота, предупреждал Бер, это прежде всего «яд универсальный, убивающий и животных и растения; больших и микроскопических...» ¹²⁷.

Последний раздел книги Бера посвящен практическому применению повышенного барометрического давления и, в частности, так называемых слабых давлений. К ним он относит давления воздуха, «при которых напряжение кислорода колеблется между 20,9 (обыкновенное атмосферное давление) и 100 (об. %.— *С. Е.*) (чистый кислород)» ¹²⁸, т. е. давление воздуха до 5 атм. «Эти слабые

¹²⁴ Там же, с. 566-567.

¹²⁵ Там же, с. 570.

¹²⁶ Там же, с. 568-569, 584.

¹²⁷ Там же, с. 576.

¹²⁸ Там же, с. 623.

давления крайне важно изучить врачу и гигиенисту,— подчеркивал Бер,— потому что именно эти самые давления применяются в терапии...»¹²⁹. Следовательно, речь здесь шла только о нормобарической оксигенации: PO_2 вдыхаемой смеси не превышало 1 атм. Однако при повышенных давлениях воздуха, кроме влияния возросшего PO_2 , определенное действие на организм оказывает и чисто механический фактор. По данным Бера, жизненная емкость легких вследствие сжатия кишечных газов и опускания диафрагмы в этих условиях увеличивается.

Бер считал пионерами внедрения в лечебную практику небольших давлений воздуха французских врачей: Жюно (1835 г.), Праваз (1837 г.), Табарье (1838 г.). Он положительно оценивал и вклад в эту проблему доктора А. Н. Симонова, организовавшего «воздухолечебное» заведение в Санкт-Петербурге и издавшего, по словам Бера, «интересную книгу о барометрическом давлении с медицинской точки зрения» (Аэротерапия. Гиссен, 1876)¹³⁰. «Относительно высоты давления, с которой следует начинать лечение,— замечал Бер,— мнения расходятся. Одни советуют с 30 см (рт. ст. — *С. Е.*)... другие... находят, что надо начинать очень осторожно, не более как с 10 см (рт. ст. — *С. Е.*)... с замечательным успехом оно (целебное влияние сжатого воздуха.— *С. Е.*), по-видимому, действует при одышках (эмфизема), хронических бронхитах, бледной немочи, кровотечениях... оказывает, кажется, тоническое и вместе с тем успокаивающее действие»¹³¹.

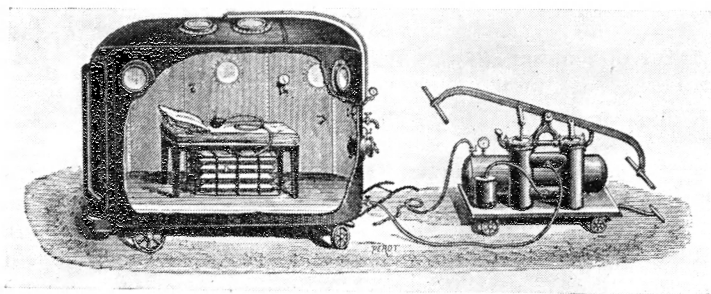
«Я мог бы вместе со многими другими,— продолжал Бер,— подтвердить пользу этого средства для лечения некоторых случаев астмы и анемии, но мне хочется заметить, что пребывание в приборах со сжатым воздухом... действует на эти заболевания различным способом: на астму оказывает влияние механическая сторона сжатого воздуха... на анемию же воздух действует химическим путем, вызывая более полное насыщение кислородом оксигемоглобина»¹³². В последнем случае поэтому «можно будет пребывание в воздухолечебных приборах с успехом заменить вдыханиями воздуха, насыщенного кислородом:

¹²⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 623.

¹³⁰ Там же, с. 616.

¹³¹ Там же, с. 85.

¹³² Там же, с. 626.



Барокамера и компрессор времени Поля Бера

это представляет громадное преимущество, так как дорогостоящие приборы могут быть установлены только в больших городах и учреждениях...»¹³³.

Бер затронул и некоторые страницы истории кислородотерапии: «С тех пор,— указывал он,— как Пристли оспаривал первенство в применении для дыхания «дефлогистированного воздуха», было сделано много попыток, чтобы ввести дыхание кислородом в число лечебных средств. Увлечение ученых конца прошлого столетия (XVIII.— *С. Е.*) и начала нынешнего (XIX.— *С. Е.*) целительной силой «жизненного» воздуха умерялось только боязнью раздражающего действия кислорода на ткань легких и особенно того истребляющего свойства, которое он должен придать окислительным процессам в организме. Затем кислород был оставлен и совершенно забыт, но в последнее время вновь обратил на себя внимание»¹³⁴.

Бер считал, что применение чистого кислорода в терапевтических целях может вызвать отравление, тем более что существующий тогда метод введения кислорода при помощи мешка (подушки) и воронки оказался нерациональным: он не обеспечивал непрерывности подачи кислорода и достаточной его концентрации во вдыхаемом воздухе. Даже в острых случаях (отравление окисью углерода, «газом сточных труб» и т. п.) Бер советовал использовать не чистый кислород, а смесь воздуха с 60% кислорода, причем ингаляция должна была продолжаться

¹³³ Там же, с. 626-627.

¹³⁴ Там же, с. 627-628.

не менее часа». Если же приходится иметь дело с длительной болезнью, как, например, с анемией, то... лучше заставлять больного дышать ежедневно в продолжение приблизительно 2-х часов смесью воздуха с 20—30% кислорода»¹³⁵.

Отрицательно относясь к лечебному использованию чистого кислорода, Бер в то же время пропагандировал «благотворное действие сжатого воздуха»*. «Я нахожу, что до сих пор еще слишком боялись терапевтического применения сжатого воздуха... Давление в медицинских аппаратах никогда не превышало 2-х атмосфер, и то редко. Я же думаю, что смело можно доводить его до 3-х атмосфер...»¹³⁶.

Бер рекомендовал использовать сжатый до 3 атм воздух при резком метеоризме и, в частности, «применить сжатый воздух в случаях ущемленных грыж (с целью их вправления.— С. Е.), когда бывает сильное вздутие кишок газами -- при 2-х атм, объем этих газов должен уменьшиться вдвое, при 3-х атм — на $\frac{2}{3}$...»¹³⁷.

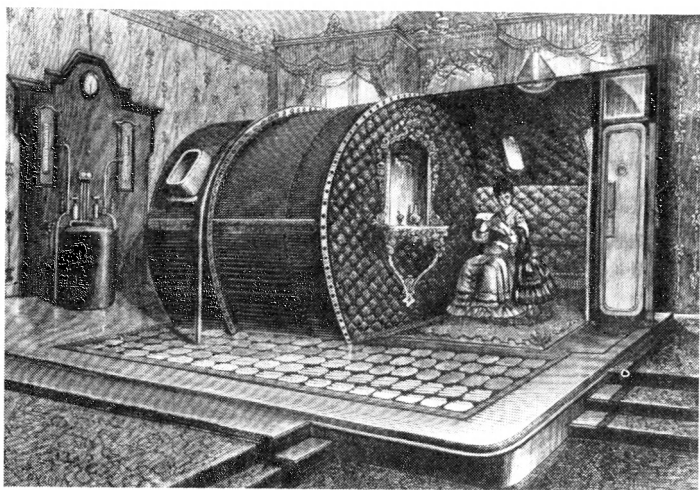
Фундаментальный труд Бера о влиянии повышенного давления воздуха и кислорода на живые организмы явился мощным стимулом для проведения в последующем (в основном начиная с 20-х годов XX в). многочисленных экспериментальных работ по частным вопросам этой важной проблемы, а спустя примерно 70 лет послужил краеугольным камнем широко развернувшихся исследований по клиническому использованию кислорода под давлением, превышающим 1 атм, т. е. по гипербарической оксигенации (ГБО). Наряду с такими зарубежными учеными, как Лемани (1882—1883), Смит (1897—1899), Хилл и Мак Леод (1903), Гезелл (1923), Кемпбелл (1928—1938), А. Бенке с сотрудниками (1935), Бин (1945), Доналд

¹³⁵ Там же, с. 629.

* Характерной чертой этого периода развития гипербарической медицины (или, как ее тогда называли, пневматической терапии) было использование для лечебных целей только сжатого воздуха. Баротерапия в те годы расценивалась лишь как вариант климатотерапии, а возникающая тогда же «школа пневматиков» все патологические состояния объясняла либо недостатком в организме кислорода, либо избытком азота. (Прим. С. Е.)

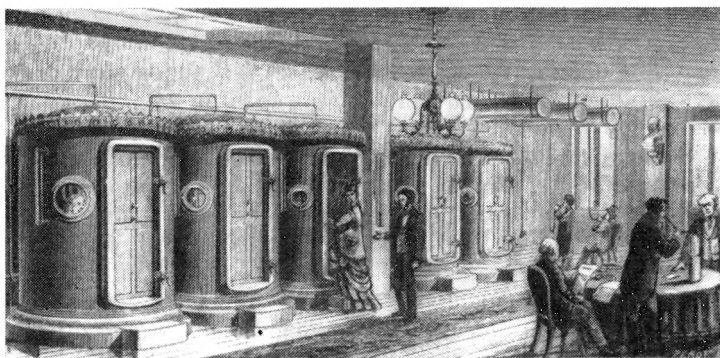
¹³⁶ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления..., с. 629.

¹³⁷ Там же.



Лечебный кабинет-барокамера в Милане, 1880 г.

(1947), Ламбертсен (1953, 1966), Черчилль Давидсон с сотрудниками (1955), большой вклад в экспериментальную и теоретическую разработку проблемы гипербарической оксигенации внесли отечественные исследователи: В. Д. Кравчинский и С. П. Шистовский (1936), С. И. Прикладовицкий (1936, 1940), А. Г. Жиронкин (1940, 1972), Е. М. Крепс (1945, 1946, 1977), В. Н. Черниговский



Общий вид зала барокамер у Фонтена

(1971), Н. Н. Сиротинин (1952), З. С. Гершеневич с соавторами (1949, 1969), Г. Л. Зальцман (1968, 1977) и мн. др.

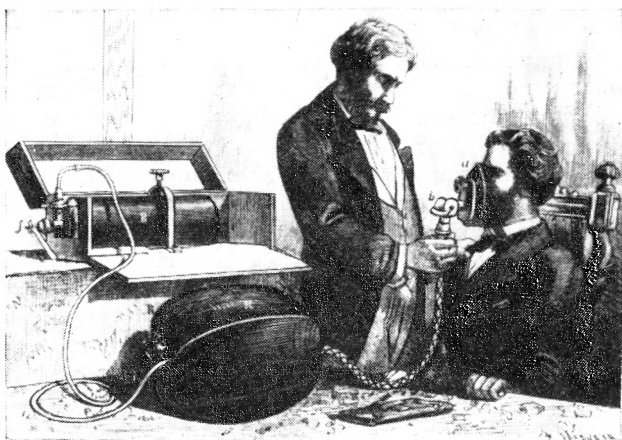
Началом становления гипербарической оксигенации в современном виде следует считать 1956 год, когда голландский хирург Боерема опубликовал результаты опытов на животных, проведенных в камере с повышенным давлением кислорода. Итоги этих экспериментов были настолько многообещающими, что уже в 1960 г. в Амстердаме была построена большая барооперационная и в том же году в условиях ГБО выполнена первая в мире операция на сердце.

В настоящее время лечебными барокамерами оснащены многие медицинские учреждения мира. Только в США насчитывается более 20 крупных гипербарических центров.

В 1975 г. в Москве во Всесоюзном научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной хирургии, руководимом академиком Б. В. Петровским, был введен в действие крупнейший в мире комплекс медицинских барокамер. Этот барокомплекс позволил не только проводить различным категориям больных лечение кислородом под повышенным давлением, но и осуществлять в этих условиях сложные оперативные вмешательства и реанимационные пособия, а также вести широкую исследовательскую работу при давлениях до 8 абсолютных атмосфер.

Комплекс состоит из 6 соединенных между собой барокамер, которые по назначению делятся на три блока — операционный, терапевтический и исследовательский, общим объемом 270 м³. Размеры барооперационной (70 м³) дают возможность свободно разместить в ней хирургическую и анестезиологическую бригады из 8—10 человек. В терапевтической камере могут одновременно находиться 4 лежащих и 8 сидящих больных и 2—3 человека обслуживающего персонала. Все барокамеры комплекса оснащены современными системами, обеспечивающими безопасные и комфортабельные условия для больных и медицинского персонала, а также новейшей медицинской аппаратурой, предназначенной для проведения интенсивной терапии и операций в условиях повышенного давления.

Гипербарическая оксигенация в настоящее время находит все более широкое применение при различных за-



Сеанс наркоза закисью азота по методу Поля Бера

болеваниях, и прежде всего таких, развитие которых сопровождается (или обусловлено) выраженной кислородной недостаточностью. Это главным образом относится к нарушению проходимости артериальных сосудов (периферических, коронарных, церебральных и др.) при травме, атеросклерозе, тромбо- и газовой эмболии, а также острой кровопотере, тяжелых ожогах, некоторых видах шока (гиповолемический, кардиогенный и др.), хирургических инфекциях (в том числе газовая гангрена, столбняк, перитонит и др.), отравлениях окисью углерода, барбитуратами, метгемоглобинообразующими ядами и т. д.

Сейчас ГБО с успехом применяется в хирургии врожденных и приобретенных пороков сердца, при операциях на магистральных сосудах, а также при всех вмешательствах, связанных с высоким операционным риском (тяжелые сопутствующие заболевания, преклонный возраст больного и др.), во время родов (речь в основном идет о роженицах, страдающих выраженной артериальной гипоксемией) и при выведении новорожденных из состояния асфиксии. Особое место ГБО занимает в комплексе интенсивной терапии. В частности, она используется для нормализации остро нарушенных в результате тяжелой гипоксии функций жизненно важных органов (миокард, головной мозг, печень, почки). Положительный эффект получен при сочетании ГБО с лучевой терапией у боль-

ных со злокачественными новообразованиями, особенно таких локализаций, как шея и органы малого таза.

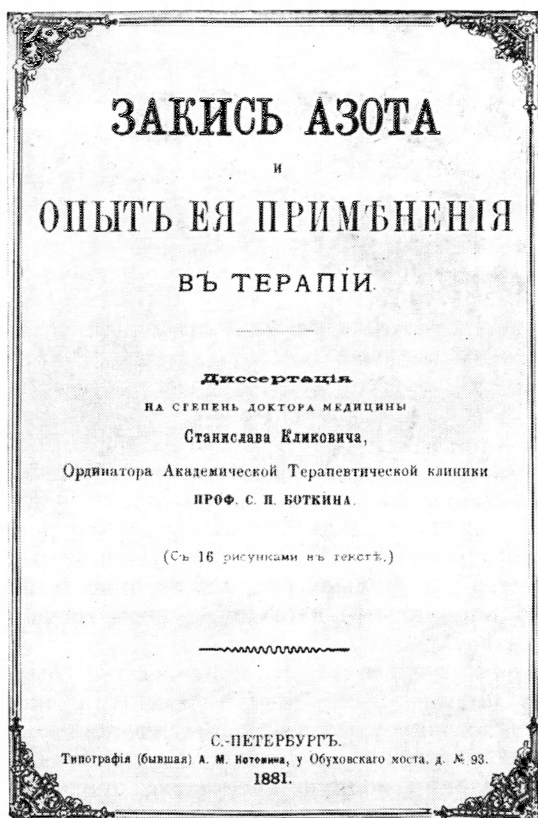
Говоря об операциях в барокамере, нельзя пройти мимо анестезии, являющейся важнейшим элементом всякого современного хирургического вмешательства и при ГБО отличающейся определенной спецификой. Разработка проблемы обезболивания в условиях повышенного давления окружающей среды также тесно связана с именем Бера. Ему принадлежит идея так называемого баронаркоза, под которым он подразумевал проведение анестезии с использованием не только повышенного парциального давления анестетика, но и повышенного парциального давления кислорода. Обязательной составной частью любой газообразной наркотической смеси кислород стал лишь после работ Бера.

На основании своих прежних исследований о механизме отравляющего действия кислорода Бер пришел к выводу, что эффективность анестетика (как и любого биологически активного газа) обуславливается его парциальным давлением, а не процентным содержанием в смеси. Поэтому с повышением окружающего давления наркотическое действие анестетика (речь шла о таком распространенном в то время газообразном анестетике, как закись азота) должно увеличиваться.

Интерес Бера к вопросу о возможности использования закиси азота * в качестве обезболивающего средства был связан с одной из последних работ Клода Бернара — «Лекции по анестезии и асфиксии» (1875 г.). Уже через два года после ее опубликования Бер предпринял экспериментальные исследования, целью которых было изучение физиологических свойств закиси азота, а также особенностей влияния этого газа на организм в условиях повышенного барометрического давления.

Как известно, закись азота является слабым анестетиком и для достижения наркотического эффекта необходимо использование ее достаточно больших концентраций. В связи с этим наиболее распространенными во времена Бера были так называемые гипоксические методы анестезии. Они основывались на применении либо чистой закиси азота, либо газокислородной смеси, но содержание

* Закись азота была впервые получена Джозефом Пристли в 1776 г. путем восстановления окиси азота во влажных стружках железа.



Титульный лист работы С. Кликовича — одного из пионеров применения закиси азота в терапии

кислорода в последней было ниже, чем в атмосферном воздухе, т. е. менее 20%. Естественно, что все эти способы анестезии были антифизиологичны и, как правило, приводили к развитию тяжелой гипоксии. Так, по данным Жоли Бланше (1873 г.), при достижении глубокого наркоза закисью азота концентрация кислорода в крови животных падала до 2—3%. Проведение подобного рода «гипоксических» наркозов неминуемо вызывало развитие различного рода осложнений даже в практике зубных врачей, где требовалась относительно кратковременная анестезия.

В 1875 г. был описан наркоз закисью азота при 30-минутной операции, что тогда считалось большим успехом.

Таким образом, основным тормозом в распространении наркоза закисью азота в 70-х годах XIX в. служила возникающая при этом тяжелая кислородная недостаточность. При подаче кислорода в количестве, необходимом для предупреждения гипоксии, наркотический эффект закиси азота значительно снижался.

Основываясь на фактах, полученных при изучении влияния на организм изменений барометрического давления, Бер рассуждал следующим образом: если закись азота в смеси с кислородом не дает полной анестезии, то это значит, что количество ее молекул в единице объема смеси недостаточно для насыщения крови в той степени, при которой только и может наступить анестезия. Так как для получения достаточно глубокого наркоза при обыкновенном атмосферном давлении необходима ничем не разбавленная закись азота (т. е. ее давление во вдыхаемом газе должно соответствовать 1 атм), то для достижения полноценного обезболивания нужно увеличить давление газовой смеси во столько раз, во сколько в ней будет уменьшено парциальное давление закиси азота при разбавлении ее кислородом.

Указанная теоретическая предпосылка была затем полностью подтверждена многочисленными экспериментами. Помещая животных в «пневматический колокол» со смесью закиси азота и кислорода, Бер получал при повышении давления полную анестезию, продолжавшуюся 15—20 мин без малейших признаков асфиксии; как только давление уменьшалось, животные немедленно просыпались. Сопоставляя результаты своих опытов, Бер пришел к заключению, что оптимальной является смесь из 85 объемов закиси азота и 15 объемов кислорода под давлением 89,5 см рт. ст.¹³⁸

Эти данные Бера позднее нашли подтверждение в работе Фальконе с соавторами (1949 г.), которые проводили опыты в барокамере на добровольцах. При барометрическом давлении, равном 2 атм, хирургическая стадия наркоза достигалась при 50% содержания закиси азота во вдыхаемом воздухе, в условиях атмосферного давления

¹³⁸ Bert P. Sur le possibilité d'obtenir à l'aide du protoxyde d'azote une insensibilité de Longue durée et sur l'innoculte de cet anesthétique.— C. r. Acad., 1878, vol. 87, p. 728.



Главный зал всесоюзного бароцентра, Москва

для этого была бы необходима 100% концентрация закиси азота.

В последующих экспериментах Бер показал, что если смешивать закись азота с таким количеством кислорода, которое находится в атмосферном воздухе, то гипоксия снимается полностью, но при этом часто не достигается достаточная анестезия. С именем Бера поэтому связан аналгетический наркоз закисью азота: при применении рекомендованной им смеси закиси азота и кислорода в соотношении 4:1 при атмосферном давлении глубина наркоза обычно не выходит за границу стадии аналгезии (С. Н. Ефун, 1964).

По мнению Бера, преимущества закиси азота как анестезирующего средства заключаются в том, что в противоположность хлороформу и эфиру она не соединяется химически с тканью (кровь, ЦНС), а только в ней растворяется, поэтому действие закиси азота наступает и проходит тотчас же с началом и прекращением вдыхания газа; кроме того, закись азота не вызывает у пациентов возбуждения, тошноты, рвоты, головной боли и других неприятных явлений, которые обычно отмечаются при использовании хлороформа и эфира.

В результате исследований Бера стало очевидным, что наркотический эффект закиси азота связан с величиной ее напряжения в крови. Для полного исключения при этом гипоксии Бер предложил использовать газовую смесь, состоящую из $\frac{1}{6}$ части кислорода и $\frac{5}{6}$ частей закиси азота, и подавать ее больному под повышенным давлением (до 2 атм). Считая, что применение смеси закиси азота с кислородом под давлением является идеальным наркотическим средством (безопасность, отсутствие каких-либо побочных эффектов и т. д.), Бер видел в этом новом методе анестезии путь к широкому использованию закиси азота в клинической практике.

Успешные эксперименты Бера на животных действительно привели к внедрению его метода обезболивания в хирургию. В 1879 г. врач Фонтен с целью потенцирования наркоза закисью азота построил в Париже при больнице Сен Луи передвижную барокамеру-операционную («пневматический кессон»). Она могла вместить 12 человек обслуживающего персонала и студентов. До июня 1880 г. в этой камере при давлении до 2 атм воздуха было проведено под наркозом закисью азота 250 операций (в том числе 27 грыжесечений). Наркоз во всех случаях наступал быстро и протекал без явлений асфиксии.

В наши дни в условиях гипербарической оксигенации с успехом продолжают использовать наркоз закисью азота (тяжелая патология сердечно-сосудистой системы, поражение печени и т. д.), но в подавляющем большинстве случаев уже не как самостоятельный вид обезболивания, а в качестве компонента комбинированной анестезии.

Подчеркивая перспективность в настоящее время клинического использования повышенного давления кислорода, следует заметить, что современной науке предстоит решить еще большой круг вопросов, связанных с влиянием гипербарического кислорода на организм больного и здорового человека, тем более что спектр его нетоксического действия очень узок. Основное внимание сейчас должно быть сконцентрировано на выявлении пределов воздействия кислорода на клеточном и субклеточном уровнях и на разработку методов, увеличивающих толерантность организма к этому агенту. От успешного разрешения этих вопросов будет в значительной степени зависеть дальнейший прогресс клинического использования гипербарического кислорода.

Книга Поля Бера «Барометрическое давление» безусловно должна быть отнесена к классическим произведениям естествознания. Это и явилось основной причиной, побудившей американских ученых обратиться к ее переводу во время второй мировой войны.

В 1943 г. Джон Фултон в предисловии к переводу книги Поля Бера «Барометрическое давление» на английский язык вполне обоснованно писал о том, что этот фундаментальный труд подобно трудам Везалия, Гарвея и Бойля не подвержен разрушающему влиянию времени. Он актуален и по сегодняшний день, поскольку в нем обобщены наиболее существенные сведения о влиянии на организм животных и человека пониженного и повышенного барометрического давления. Книга Бера, к сожалению, еще полностью не переведена на русский язык.

Каковы же наиболее существенные результаты экспериментальных исследований, проведенных Бером и опубликованных в его книге? Здесь можно выделить шесть основных положений, сформулированных Бером.

1. Неблагоприятное патологическое действие пониженного барометрического давления обусловлено понижением парциального давления O_2 в воздухе, приводящего к развитию кислородного голодания. Из этого фундаментального теоретического положения следует важный практический вывод — болезнетворное влияние пониженного барометрического давления может быть предупреждено и устранено путем обогащения вдыхаемой газовой смеси кислородом с таким расчетом, чтобы парциальное давление O_2 поддерживалось на уровне, близком к нормальному.

2. Диффузия является основным процессом, обуславливающим переход кислорода из легких в кровь, а из крови в ткани, поэтому уровень парциального давления O_2 в альвеолярном воздухе, наряду с величиной напряжения кислорода в артериальной крови, служит ведущим фактором при оценке кислородного снабжения организма.

3. Парциальное давление есть произведение процентного содержания данного газа в смеси и величины барометрического давления. Уменьшение одного из этих компонентов может быть компенсировано увеличением второго.

4. Резкий перепад барометрического давления может оказывать повреждающее влияние на организм в результате значительного увеличения или уменьшения объема газа, находящегося в воздухоносных полостях, особенно при отсутствии свободного сообщения последних с внешней средой. Нарушение равновесия между внутрисполостным и внешним давлением в этих случаях ведет к механическому повреждению окружающих полость тканей (стенок полости).

5. При быстрой декомпрессии ткани организма оказываются пересыщенными растворенным в них азотом (или иным индифферентным газом). При этом нарушается стабильное равновесие системы газ—жидкость, азот переходит из растворенного в свободное состояние с образованием газовых пузырьков, что и является причиной развития декомпрессионной болезни.

6. Повышение барометрического давления ведет к подъему парциального давления кислорода, что чревато развитием кислородного отравления. В основе его лежит инактивация ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции в клетках и участвующих в образовании энергии.

Все перечисленные выше положения были выдвинуты Полем Бером и легли в основу авиакосмической и подводной физиологии и медицины. Они определили многие практические рекомендации, которые имеют основополагающее значение для обеспечения безопасности высотных полетов и глубоководных погружений.

Натуралист, историк и популяризатор науки (1880—1886)

Работы по общей биологии

В своей деятельности Бер никогда не упускал из вида теоретической, в частности эволюционной, стороны биологических проблем, а также возможностей популяризации этих проблем. В то же время (и в тесной связи с этим) находились и ставившиеся им задачи пропаганды естественнонаучного мировоззрения, которые он решал на материале биологии и других наук. Изучая то или иное проявление жизни, тот или иной природный феномен, Бер

стремился не упустить из вида его значения в контексте науки в целом, его взаимосвязи с комплексом смежных, а часто и сравнительно отдаленных явлений природы.

Мало кто из ученых XIX в. может сравниться с Бером по многосторонности своих интересов. В то же время, чего бы ни касался Бер: проблемы токсичности меди и ее соединений, истории изобретения телефона, вопроса о причинах и последствиях низкой рождаемости во Франции, развития техники производства искусственных драгоценных камней, электрических батарей Яблочкова, достижений в области сжижения газов, необходимости изоляции инфекционных больных, салициловых препаратов и других новых лекарств, — всюду он стремился, с одной стороны, увязать предмет с основами своего естественно-научного мировоззрения, с другой — поставить исследование в контекст всей совокупности стоящих перед человечеством практических задач.

В биологии в этот период (середина и вторая половина XIX в.) совершались процессы, приведшие в конечном счете к формированию ее современной структуры как комплекса дисциплин. Опубликованная в 1859 г. книга Ч. Дарвина «Происхождение видов» положила начало быстрому распространению эволюционизма во многих странах, в том числе и во Франции, где одним из пионеров дарвиновского учения стал Поль Бер. В этот же период, в значительной мере под влиянием идей Дарвина, в качестве самостоятельной области исследования выделяется комплекс проблем, связанных с природой жизни и ролью внешних и внутренних факторов в жизненных явлениях, а также с местом биологии среди других наук. Во Франции ранее, чем в других странах, этот комплекс проблем оформился в виде самостоятельной дисциплины общей биологии.

Важную роль здесь сыграла деятельность Исидора Жоффруа Сент-Илера (1805—1861), автора «Общей биологии» — первого систематического курса общей биологии, предназначенного для преподавания¹. Бер неоднократно

¹ См.: *Geoffroy Sainte-Hilaire. Histoire naturelle générale*. Paris, 1854-1862. Vol. 1, 2; рус. пер.: *Жоффруа Сент-Илер И. Общая биология*. М., 1860—1862. Т. 1, 2, с. 37. В работу включен и ботанический материал, в частности по истории систематики и по вопросу сопоставления растительного и животного организма. Это оправдывает формулировку заглавия в переводе, поскольку

давал весьма высокую оценку² работам И. Жоффруа Сент-Илера, считая его достойным преемником отца, Этьена Жоффруа Сент-Илера, одного из наиболее выдающихся додарвиновских эволюционистов. Многие проблемы общей биологии, нашедшие развитие в работах Бера, были поставлены также А. Мильн-Эдвардсом и К. Бернаром.

В числе важнейших проблем был вопрос о субстрате или носителе жизненных явлений, обеспечивающем целостность и регуляцию физиологических процессов в онтогенезе организма и в ходе его функционирования. Еще в 1867 г. Бер согласился прочитать перед железнодорожниками вокзала Сен-Жан в Бордо цикл лекций на тему «Машина человеческого организма». По его замыслу, цикл должен был состоять из трех лекций — «Баланс материи», «Баланс энергии» и «Машинист», направленных против виталистических тенденций в биологии; к сожалению, последнюю лекцию, посвященную именно нервной системе живого организма, Бери прочесть не удалось (правда, в Бордо состоялось еще одно выступление Бера на тему «Метаморфозы в животном мире»). Что касается острой тематики «Машиниста», то Бер впоследствии высказывался по ней неоднократно. По мысли ученого, процессы в организме (животном) представляют сложный комплекс, регулируемый со стороны вполне конкретного анатомо-физиологического образования — нервной системы, а не души или витального принципа. Бер выступал, таким образом, прямым преемником французских материалистов XVIII в. — Ж. О. Ламетри («Человек — машина», 1747 г.), философа и врача П. Ж. Кабаниса и др.

Формулировки Бера в значительной мере уточнены и углублены по сравнению с его предшественниками, которые еще не были вооружены опытом физиологии и дру-

общая биология изучает закономерности, выявляемые на «совокупности признаков, общих всем живым существам» (Бляхер Л. Я. Курс общей биологии с зоологией и паразитологией. 4-е изд. М., 1944, с. 7). Вместе с тем несомненно, что содержание общей биологии как дисциплины менялось на различных этапах развития науки. В частности, в XX в. в это понятие была в значительной мере включена и общая генетика, а несколько ранее, во времена Бера (также и в его трудах), — изучение эволюционных закономерностей. Поскольку это все же особый аспект общепроизводственных воззрений Бера, мы ниже остановимся на его эволюционизме отдельно.

² См., например: Rev. sci., vol. 2, p. 13.

гих биологических дисциплин, накопленным в течение XIX в., в частности и благодаря работам Мажанди, Гратиоле и Бернара, а также самого Бера. Для последнего вопрос о природе жизненных явлений был тесно связан с вопросом о построении биологии как науки и о роли физиологии в общем комплексе биологических знаний. Именно середина XIX в. стала тем периодом в развитии физиологии, когда эта дисциплина полностью утвердилась в своем статусе, независимом и равноправном по сравнению с анатомией и другими биологическими отраслями. Однако так считали специалисты. Широкие слои публики во Франции рассматривали физиологические опыты как нечто иллюстративное или второстепенное по отношению к анатомии.

Бер считал необходимым бороться с этим ошибочным пониманием сущности физиологии. Во вступительной лекции «Об общей физиологии и жизненном принципе», прочитанной на естественнонаучном факультете Сорбонны 18 января 1869 г. и открывавшей курс общей физиологии, он сказал: «Согласно общему, все еще повсеместно распространенному мнению, физиология идет по стопам анатомии, как своего рода ее служанка, т. е. как анатомия одушевленных тел: физиология объясняла функции органов, открытых анатомией. В действительности же дело обстоит, если не считать нескольких отдельных случаев, как раз наоборот: впереди идет физиология, описывающая действия организма и оставляющая на долю анатомии заботу о том, чтобы определить расположение, связи и строение органов, которые производят эти действия»³.

Особую роль в этом плане играет общая физиология, которую Бер вслед за К. Бернаром, введшим этот термин, определяет как «часть физиологической науки, целью которой является определение элементарных условий жизненных явлений»⁴. В конечном итоге общая физиология должна, по словам Бера, «выяснить, можно ли свести закономерности этих явлений к физическим и химическим

³ Bert P. Leçons, discours et conférences. Paris, 1881, p. 63.

⁴ Ibid., p. 73. В целом общая физиология в трактовке Бернара представляет собой ту же общую биологию (на уровне середины XIX в.), поскольку соответствующий курс Бернара включает не только физиологию, но и эмбриологию, морфологию, цитологию, отчасти биохимию (см.: *Бернар К. Курс общей физиологии: Жизненные явления, общие животным и растениям*. СПб., 1878).

законам, или же жизненные феномены имеют особую природу, служа проявлением некой специфичной для живых существ динамической активности»⁵. В этом — одна из главных задач общей физиологии и общей биологии.

Формулировка Бера отличается корректностью и осторожностью: ученый не требует «свести» или «доказать несводимость», а лишь призывает «выяснить» наличие или отсутствие свойственной лишь живому существу «активности» (*une activité dynamique particulière à l'être vivant*). Используя позднейшую терминологию, можно сказать, что тенденция сводить живое к неживому является проявлением редукционизма, а стремление установить полную специфичность живого по сравнению с неживым ведет к витализму — крайности, выраженные среди современных Бера биологов, например Р. Вирхова и Г. Дриша. Однако в дилемме Бера редукционизму противопоставлен не витализм, а нечто более близкое к практике исследования: признание специфичности «жизненной активности».

Бер признавал в жизненных явлениях «момент специфичности», вытекающий из их «повышенной сложности», из того, что физиологические феномены в совокупности образуют уровень явлений более высокого порядка, нежели физические и химические, на которых они основаны. Что же касается «жизненного принципа», то Бер решительно его отвергал, считая, что «жизненный принцип был последним остатком из целого легиона подобных сущностей, которые могли... по своему усмотрению изменять направление жизненных процессов»⁶.

Никакой витализм, по мнению Бера, не проходит как гипотеза уже потому, что противоречит закону сохранения энергии. Иначе жизненный принцип в своих проявлениях выступал бы как непрерывное «вмешательство, нарушающее величественную гармонию вселенной. К гравитации, которая движет звездами, к теплоте, которую Солнце изливает на землю, жизненный принцип... добавляет еще нечто. И пусть не говорят с пренебрежением, что это нечто крайне незначительное, поскольку число живых существ и биологических актов огромно в пространстве и времени, и никто не сумеет даже вообразить

⁵ *Bert R. Leçons, discours et conférences*, p. 74.

⁶ *Ibid.*, p. 76.

результата этого умножения бесконечно малого на бесконечно большое»⁷. Однако это в конечном счете были лишь общие соображения, а полностью и реально преодолеть виталистические концепции, по мнению Бера, возможно не путем каких-либо деклараций или абстрактных рассуждений, а лишь посредством экспериментов и последовательного распространения детерминизма на все области биологии. В этом, как полагал Бер, была главная заслуга Бернара: «...никто более, чем он, не способствовал незыблемому доказательству реальности детерминизма в биологических явлениях»⁸.

В значительной мере именно стремление к «выявлению практической плодотворности естественнонаучного свободомыслия» побудило Бера на многие эксперименты, в частности на опыты по трансплантации тканей, показавшие относительность представления о целом и частях в животном организме. Спустя много лет, в 1913 г. на торжестве по поводу установки памятника Бери в Осере один из ораторов подчеркнул, что «Экспериментальные исследования к истории жизненности животных тканей» послужили отправной точкой для работ А. Карреля, по вместе с тем «нанесли самый жестокий удар по древней теории «жизненного принципа»⁹.

В то же время после смерти Бера кое-кто попытался абсолютизировать результаты его экспериментов по трансплантации, истолковывая их в духе вирховского «государства клеток». Так, П. де ла Бросс предполагает, что опыты Бера «подтверждают автономию анатомических элементов, доказывают, что каждая ткань, каждая клетка живут сами по себе»¹⁰. Однако самостоятельность клеток и тканей вполне проявляется только в условиях отделения от материнского организма или в патологических случаях, например в раковой опухоли. В гармонично функционирующем организме клетки живут не сами по себе, а подчиняются закономерностям более высокого уровня, организменного. К сожалению, Бер в ряде мест своих произведений действительно давал повод к такому опи-

⁷ Ibid., p. 78.

⁸ Ibid., p. 76.

⁹ *Peigne M.* Conférence sur Paul Bert.— In: Inauguration du buste de Paul Bert... Auxerre, 1913, p. 40.

¹⁰ *Brosse P. de la.* Une des grandes énergies françaises: Paul Bert. Hanoi, 1925, p. 42.

бочному толкованию. Он говорил, например: «...каждая часть тела (включая не только органы, но и клетки.— *Б. С.*) живет своею независимую личную жизнью... тело представляет собою род государства, составленного из тысяч граждан»¹¹. Однако тут же дальнейшим развитием той же метафоры Бер в значительной мере исправляет ошибочность этого тезиса: «...только гармоническим соединением и мирным содействием всех обуславливается жизнь целого общества... целость всего есть условие правильной жизни каждой части»¹².

Отстаивая строгий детерминизм биологических явлений, Бер в своих работах, в том числе историко-научных и популяризаторских, показал, каким образом сама логика биологического исследования ведет к признанию детерминизма даже учеными, имеющими склонность ограничивать сферу действия принципа материальной причинности в биологии. Так, Ф. Мажанди в своих философских взглядах на причинность и познание сущности «вещи в себе» стоял на позициях, близких к кантовскому или позитивистскому скептицизму. Сходные высказывания неоднократно делал и Клод Бернар. Тем не менее Бернар, «ученик скептика Мажанди, явился тем, кто ввел *детерминизм* в область физиологии. Благодаря ему тот же самый экспериментальный метод, который, если уважать его правила, ведет к уверенности в науках о мертвой природе,— этот метод приобрел такой же авторитет и в науках о живых существах»¹³.

Бер в своей речи на похоронах Бернара также указывал как на одну из основных заслуг учителя — на осознание им единства природы. Бернар, по мнению Бера, первым доказал, что принципы «экспериментирования одинаковы как в науках о минеральных телах, так и в науках о жизни и что нет двух противоположных природ, требующих и двух порядков противоположных наук»¹⁴.

Весьма важным моментом в системе детерминистских биологических воззрений Бера стал его эволюционизм. В отличие от многих додарвиновских мыслителей, рассматривавших эволюцию в натурфилософских категориях

¹¹ Бер П. Лекции по зоологии. 4-е изд. СПб., 1904, с. 39.

¹² Там же, с. 39-40.

¹³ Bert P. Leçons, discours et conférences, p. 218.

¹⁴ Бернар К. Курс общей физиологии. СПб., 1878, с. 18.

развертывания определенных духа или идеи на материале природы, Бер стоял на позициях классического дарвинизма. Он не исключал эволюционный процесс из всеобщего детерминизма природы, а, наоборот, считал его проявлением этого детерминизма.

Бер относится к той плеяде естествоиспытателей середины XIX — начала XX в., заслугой которой является логическое и плодотворное распространение принципа «естественного хода событий» на всю область естествознания. Ч. Лайель своим принципом актуализма исключил гипотезу сверхъестественного вмешательства (хотя бы в завуалированной форме теории катастроф) из исторической геологии; аналогичную роль для развития химии сыграло открытие органического синтеза, показавшее существенную однородность принципов строения материи на химическом уровне. В конечном счете теория относительности А. Эйнштейна, при всех особенностях своего аппарата и материала, также лежит в русле научного движения за элиминацию любых предвзятых сущностей в науке. Эйнштейн исключил из физики априорные понятия ньютоновских абсолютных пространств и времени и попытался построить огромную область науки, не пользуясь такими пережитками вненаучных понятий, как «мгновенное действие на расстоянии», «абсолютное пространство» и пр.

В результате коллективных усилий преобразователей самых различных отраслей знания произошла перестройка научной картины мира практически во всех ее аспектах, начиная от нового подхода к физическим и химическим явлениям как объективной реальности, не требующей для своего объяснения посторонних допущений, и вплоть до столь же естественной трактовки высших уровней организации материи,— перестройка, которую Ф. Меринг на рубеже XIX и XX вв. определял как «победное шествие естественноисторического материализма»¹⁵. Несомненно, что эта перестройка имела не только философский аспект, но и собственно естественнонаучный; в частности, в требовании естественного, вполне имманентного объяснения природных явлений заключена одна из важнейших сторон системного подхода, разрабо-

¹⁵ *Mehring F. Die Welträtsel.— Neue Zeit, 1899—1900, Bd. 1, S. 419.*

танного в качестве сознательной методологии естествознания уже в XX в.

Что касается биологического уровня организации, то здесь важнейшую методологическую роль для торжества «принципа естественного объяснения» сыграли работы многих ученых, в том числе и французских, например Л. Пастера с его опровержением спонтанного зарождения жизни в современных условиях и К. Бернара, разъяснившего кардинальные моменты жизнедеятельности организма и предвосхитившего учение о гомеостазе. Еще глубже в этом плане значение работ Ч. Дарвина, представившего в качестве полностью естественного процесса эволюцию живых существ. Используя в качестве методологического орудия концепцию естественного отбора, Дарвин показал, как при объяснении фактов возрастающей сложности организмов и их приспособленности можно обойтись без всяких *deus ex machina*, таких, как формообразующий порыв или предустановленное стремление к совершенству. В таком контексте следует воспринимать и деятельность Бера, стремившегося к научному истолкованию явлений жизни в той форме, какую этому истолкованию придали К. Бернар и Ч. Дарвин. Конечно, деятельность Бера не имела столь решающего значения; однако широта мировоззрения, соприкосновение практически со всем фронтом научных исследований того времени, особое чувство современности и психологический склад характера, не допуская компромиссов, позволили Бери отразить в своем творчестве мощное научное движение эпохи, превратившее в конечном счете науку в производительную силу общества.

В биологии это движение наиболее наглядно проявилось в дарвинизме. Один из биографов Бера, Ж. Дюкло, считает мысль о влиянии среды на жизнь «ключевой идеей всего его научного творчества»¹⁶. Но Бер не придавал этому влиянию формы прямого приспособления (в плане наследования приобретенных признаков). Он допускал приспособление только через отбор. Уже наиболее ранние заметки Бера, объединенные под названием «Сообщения по сравнительной анатомии и сравнительной физиологии», проникнуты духом эволюционного учения Дарвина.

¹⁶ *Duclos J. L'enfance et la jeunesse de Paul Bert d'après des documents inédits.— Bull. Soc. sci. hist. et natur. Yonne, 1924, N 1, p. 38.*

В соответствии с учением К. Бернара Бер различал (применительно к каждому организму) две среды: среду внешнюю («космическую») и внутреннюю («органическую»), посвятив себя изучению преимущественно последней. Во всех своих экспериментах по трансплантации, барометрическому давлению, анестезии, воздействию света на организм и т. д. он выделял своего рода эволюционную сторону, даже если ее не всегда удавалось ясно сформулировать. Иногда свои эволюционные задачи Бер излагал в форме указания, например, на необходимость детализировать влияние среды. Именно так он сделал в 1866 г. во вступлении к «экспериментам по жизненности тканей», определяя их цель: «прежде всего изучить воздействие различных сред на выраженность свойств тканей, или, если угодно, сопротивляемость этих свойств воздействию различных сред»¹⁷. Единство физиологических свойств тканей, по мысли Бера, свидетельствует об общности их происхождения и истории, определяемой средой в упомянутом двойном смысле («космической» и «органической» средой).

1860 год сыграл, как известно, немаловажную роль в жизни Бера: он познакомился с Клодом Бернаром и прочел «Происхождение видов». По словам одного из биографов Бера, в этот период в деятельности молодого ученого «произошло соединение влияний: после влияний Гратиоле и Милн Эдвардса Поль Бер подвергся влияниям Клода Бернара и Дарвина. Эта дата, 1860 год, имеет первостепенное значение как решающая для определения его призвания физиолога. Он почувствовал себя более уверенно»¹⁸. Усвоение принципов дарвинизма помогло Беру упрочить методологические основы своих исследований во всех областях биологии, в частности в работах по проблеме барометрического давления.

В рамках классического дарвинизма Бер теоретически разрабатывает или по крайней мере затрагивает ряд проблем, возникших в связи с признанием эволюционного принципа. Он занимается вопросами происхождения жизни, рассматривая их в связи с динамикой барометрического давления (в такой постановке они далеко еще не решены и до настоящего времени). Согласно гипотезе

¹⁷ Bert P. Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissue animaux. Paris, 1866, p. 5.

¹⁸ Dubreuil L. Paul Bert. Paris, 1935, p. 12.

Бера, «барометрическое давление должно было играть важную роль в появлении и распределении жизни на поверхности земного шара. Действительно, в первое время существования нашей планеты напряжение кислорода должно было быть много сильнее, чем теперь, по двум причинам: атмосфера тогда была выше и богаче кислородом, горные породы не были еще так охлаждены и окислены во всей их толще»¹⁹. Бери не было еще известно, что само наличие кислорода в атмосфере является следствием деятельности организмов. Он предположил, что первыми из живых существ на земле были «вибрионы» — понятие, в то время еще достаточно расплывчатое и включавшее разнообразные микроорганизмы. В этом предположении Бер опять-таки в значительной мере исходит из барометрических оснований, считая, что «вибрионы» обладают наибольшей сопротивляемостью «трем врагам жизни, действовавшим в первые геологические эпохи: жаре, напряжению кислорода и напряжению углекислоты»²⁰.

Вместе с тем Бера заинтересовал и вопрос о факторах эволюции и, в частности, о роли взаимопомощи в филогенезе животного мира. В этом плане нельзя не вспомнить нашего соотечественника (так же, как и Бер, одновременно естествоиспытателя и политического деятеля) П. А. Кропоткина²¹, который всемерно подчеркивал роль ассоциации или взаимопомощи в эволюции. Из французских ученых — современников Бера наиболее близок ему в этом вопросе оказался Эдмон Перрье (1844—1921). В своих работах он утверждал, что явление солидарности в человеческом обществе в определенной мере предвосхищается фактами взаимопомощи среди животных.

Для иллюстрации этого положения Бер привлек результаты собственных наблюдений над гидрами и другими полипами, над колониальными медузами, а также данные по вопросу взаимопомощи среди моллюсков и позвоночных. Некоторые аналогии Бера выглядят искус-

¹⁹ Бер П. О влиянии повышенного барометрического давления на животный и растительный организмы/Пер. В. П. Аннина. 2-е изд., испр. и доп. Пг., 1916, с. 637.

²⁰ Там же, с. 638. Бер развил эти идеи также в очерке «Атмосферное давление и органическая эволюция» (См.: *Bert P. La pression atmosphérique et l'évolution organique.*— *Rev. sci.*, 1880, vol. 2, p. 414-420).

²¹ См.: *Кропоткин П. А. Взаимная помощь как фактор эволюции.*— Собр. соч. СПб., 1907, т. 7, с. 1—351.

ственными: в процессе эволюции у человека, как и у муравьев или пчел, возникла необходимость «приспосабливаться все в возрастающей мере к своим специальным функциям. Отсюда происходит дивергенция индивидуумов, выражающаяся в такой же мере в неудаче одних, как и в преуспевании других»²². Однако Бер не разделял ошибок Перрье, связанных с выдвиганием на первый план «привычки» и непосредственной формообразующей роли функции.

Тема эволюции — одна из главных в научных и научно-популярных трудах Бера. В этой связи интересен его подход к проблеме происхождения человека. Бер решительно присоединился к Ч. Дарвину и Э. Геккелю, отстаивавшим тезис о происхождении человека из животного мира. «Я не отношусь,— подчеркивал Бер,— к числу тех, кто принимает такой порядок вещей, при котором человек помещается как бы в особое святилище, лишенное контакта с простонародьем животного мира. Сколь похвальным бы ни было рвение, направляющее некоторых знаменитых зоологов (воздвигающих такое святилище), я не присоединяюсь к ним ни в этом вопросе, ни в вопросе о бездне, которая якобы отделяет живой мир от неорганического»²³.

В 1864—1865 гг. Бер поместил в журнале Французского антропологического общества несколько заметок, в которых коснулся древнейших стадий эволюции человека, в частности нахождения остатков ископаемого человека на территории Франции, а также высказал ряд теоретических соображений относительно дифференциации человеческих рас. В спорах о роли наследственности и расы в развитии общества и науки Бер неизменно отстаивал точку зрения примата социальных факторов над какими бы то ни было географическими или расовыми. Например, многие современники Бера объясняли падение рождаемости во Франции какими-то биологическими особенностями населения. На это Бер справедливо возражал, что «канадские французы, выходцы из наших нормандских департаментов, сегодня наименее плодовитые из всех, тем не менее размножались так интенсивно, что их численность

²² Bert P. De l'évolution de la théorie darwinienne et du rôle de l'association dans le regne animal.— In: Bert P. Leçons, discours et conférences..., 1881, p. 96.

²³ Dubreuil L. Paul Bert, p. 12.

за столетие выросла в сто раз, несмотря на значительную эмиграцию в Соединенные Штаты и несмотря на заполнение их территории английскими колонистами»²⁴.

Внимание Бера привлекла также проблема изменения организмов под влиянием акклиматизации. В ее рассмотрении он исходил в значительной мере из работ И. Жоффруа Сент-Илера²⁵. Опираясь на его заключение о неограниченных возможностях акклиматизации, Бер решительно отвергает как устаревшую точку зрения о том, что потенциальный фонд животных, пригодных для одомашнивания, был исчерпан еще в доисторические времена. При этом он приводит многочисленные примеры обогащения фауны одомашненных животных как в древней Греции и Риме, так и в Европе и ставит практические задачи по акклиматизации и одомашнению во Франции новых животных. В Европе, по мнению Бера, в первую очередь можно акклиматизировать американскую ламу, тибетского яка, зебу, кашмирскую козу. Он рассматривает не только биологическую, но и экономическую сторону возможной акклиматизации этих и других животных, демонстрируя свою веру в неограниченные возможности управления организмом и ходом эволюции²⁶. К сожалению, идеи и начинания Бера в этой области не нашли в то время широкого практического использования. Однако они сыграли стимулирующую роль для деятельности основанного в 1854 г. Французского общества по акклиматизации животных.

Бер один из первых выступил против тенденции (получившей позднее название социал-дарвинизма) биологизировать взаимоотношения в человеческом обществе в псевдодарвинистическом духе «борьбы за существование»²⁷. С этим стремлением освободить концепцию эволюции от якобы неизбежного (как следствие) признания вечности антагонизмов в человеческом обществе связан и упоминавшийся выше интерес Бера к проблемам взаимопомощи в жизни организмов. Однако дальнейшему развитию научных обобщений Бера в этом вопросе пре-

²⁴ Bert P. La natalité en France.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 86.

²⁵ См.: Geoffroy Sainte-Hilaire I. Acclimatation et domestication des animaux utiles. Paris, 1861.

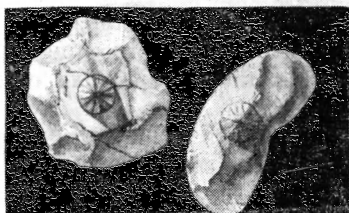
²⁶ См.: Bert P. L'acclimatation.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 14—24.

²⁷ Bert P. Le transformisme.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 407—411. Эта заметка впервые была опубликована 4 декабря 1871 г.

REVUES SCIENTIFIQUES
PUBLIÉES PAR
LE JOURNAL
"LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE"

Sous la direction
DE
M. PAUL BERT
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES
MEMBRE DE LA CHAMBRE DES DÉPUTÉS

DEUXIÈME ANNÉE
AVEC 51 FIGURES DANS LE TEXTE



Oreilles tombées au lac Pavin (grandeur naturelle).

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon
EN FACE L'ÉCOLE DE MÉDECINE
1880

Обложка журнала «Ревью сантифик»

пятствовал ряд причин, в том числе, с одной стороны, незнание им выдвинутой К. Марксом и Ф. Энгельсом теории исторического материализма, с другой — отсутствие разработанного генетического базиса исследования общепрологических и антропологических проблем.

В работах Бера, как и в трудах многих крупнейших ученых, не всегда возможно провести четкую грань между теоретическими и научно-популярными исследованиями. Это относится, в частности, и к обзорам современного состояния науки, которые Бер помещал в 70-х годах XIX в. в специальном научно-популярном приложении к газете «Французская республика», редактировавшейся

Гамбеттой. Ценность этих обзоров и популярность их среди французских читателей были настолько велики, что в 1878—1884 гг. основная их часть была выпущена издательством Массона в виде семи отдельных томов. Издание очерков Бера одним из первых окончательно закрепило за французским (а также английским) термином *science* значение «естествознания или математических наук», отличное от немецкого значения «наука вообще», характерного для немецкого *Wissenschaft* или латинского *scientia*. Сам Бер писал в «*Revues scientifiques*», что будет «обозначать этим словом (т. е. *science*, наука.— *Б. С.*) именно науки, связанные с дедукцией, экспериментом и наблюдением и всегда готовые представить строгие доказательства всему тому, чему они учат»²⁸.

Очерки Бера привлекли читателей и своей новизной — ведь в то время во Франции научно-популярные журналы практически не издавались. Поражала обширность материала, содержавшегося во всех семи томах (400—500 с. каждый). Статьи и заметки в них затрагивали математику, физику, астрономию, геологию (вулканы, геологическая история Сахары и других территорий), палеонтологию (обзор палеоботанических открытий Сапорты; данные о первых наземных позвоночных), метеорологию, химию (атомная теория, химическая термодинамика), ботанику и зоологию (вопросы эволюционного учения), медицину (хирургия, психиатрия, инфекционные болезни), сельское хозяйство и связанные с ним биологические и химические дисциплины и, конечно, физиологию во всех ее ракурсах. Множество статей Бер посвятил новинкам техники, металлургии, изобретениям Т. Эдисона и т. д., а также и некоторым гуманитарным дисциплинам или близким к ним областям науки (этнология, различные разделы антропологии, этнография, демография).

К сожалению, в ряде случаев, стремясь своевременно откликнуться на последние достижения естествознания и дать им своевременную оценку, Бер допустил и серьезные ошибки. Например, в 1876 г. он отказался признать результаты Коха, касающиеся передачи сибирской язвы²⁹. Аналогичным образом переоценил Бер значение сообщений о якобы найденных в Америке орудиях ископаемых

²⁸ Bert P. Introduction.— *Rev. sci.*, 1879, vol. 1, p. 1-2.

²⁹ См.: *Garrison F. II. Introduction into history of medicine*. Philadelphia, 1917, p. 612.

антропоидов: позднее было определенно установлено, что Америка должна быть исключена из зоны становления человека как рода и как вида, т. е. колыбелью и рода Номо, и вида *Номо sapiens* является старый свет. Но подобные издержки, неизбежные при любом ограниченном уровне позитивных знаний в том или ином обществе, насколько ни умаляют значения популяризаторской деятельности Бера, способствовавшей осознанию читателями эффективности науки, пониманию единства «фронта исследований», проводимых представителями различных отраслей естествознания.

Статьи и книги Бера — яркий пример популяризации науки на всех уровнях, начиная от строгого изложения, приближающегося к собственно научным трактатам, и кончая сохраняющими свое педагогическое значение и поныне учебными описаниями для начальных классов средней школы.

Как известно, педагогической стороне своей деятельности Бер придавал первостепенное значение. «Через школу — на службу отечеству» — таков был девиз, выдвинутый им в речи, произнесенной 18 сентября 1881 г.³⁰ Еще в 1880 г. Бер опубликовал пособие для начальных школ «Первый год естественнонаучного образования»³¹, в дополнение к которому в начале 1882 г. выпустил «Второй год естественнонаучного образования»³². Обе книги составили один из наиболее популярных во Франции в течение следующих десятилетий учебников естествоведения для начальной школы. Например, в 1910 г. «Первый год» вышел в Париже 57-ым изданием.

За границей эта работа Бера не получила распространения, за исключением, пожалуй, России, где в 1897 г. она была переведена на русский язык, переработана Е. П. Чижевским, известным популяризатором науки и техники, и издана под заглавием «Божий мир в беседах и картинках». В 1897—1915 гг. эта книга Бера переиздавалась в России 11 раз, в основном издательством «Посредник».

³⁰ См.: Brosse P. de la. Une des grandes énergies françaises: Paul Bert, p. 51.

³¹ См.: Bert P. La première année d'enseignement scientifique. Paris, 1880.

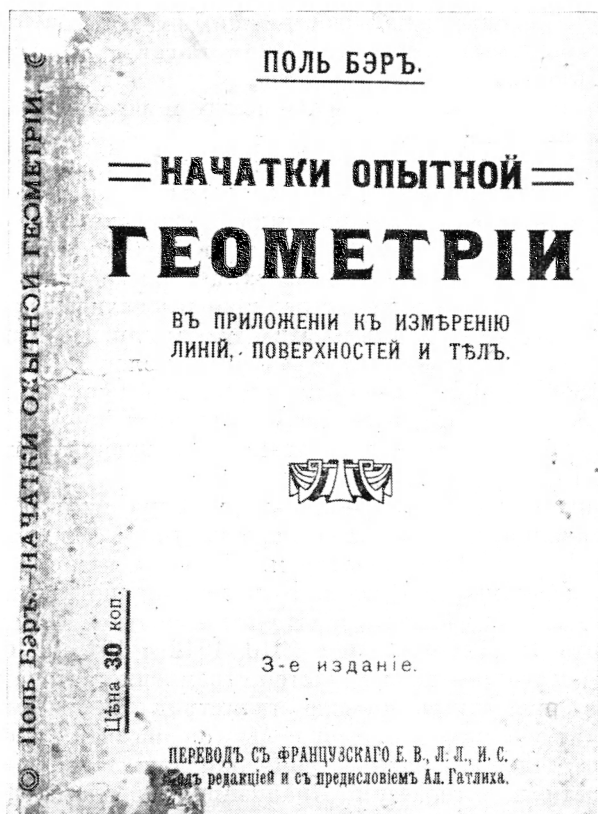
³² См.: Bert P. La deuxième année d'enseignement scientifique. Paris, 1882.

В 1903 и 1904 гг. вышло еще два издания «Первого года» (в Товариществе И. Д. Сытина) под заглавием «Мироведение. Год первый. Человек — животные — растения — минералы...», в переводе А. П. Татариновой. Надо признать, что такая популярность книги Бера вполне оправданна: в ней исключительно доходчиво и просто (вместе с тем без ошибок, насколько это позволял тогдашний уровень естествознания) объясняются основные природные явления, с которыми сталкивается в своей деятельности человек (огонь и вода, здоровье и болезнь, жизнь растений и животных, и т. д.), описываются простейшие орудия труда земледельца и рудокопа, приборы (термометр или барометр и т. п.), вообще то, что доступно пониманию ребенка и способно возбудить в нем интерес к естествознанию.

Следует особо отметить популяризаторскую и пропагандистскую деятельность Бера в области зоологии. Здесь большим его преимуществом было то, что он пользовался обширным материалом из первых рук: занятия зоологией, которыми Бер увлекался с детства, сделали его чрезвычайно грамотным и сведущим натуралистом в этой отрасли биологических (и краеведческих) знаний. Не удивительно, что второй (после диссертации о трансплантации тканей) книгой Бера, вышедшей в 1864 г., был «Методический каталог диких позвоночных животных департамента Йонна, с ключом и диагнозами для определения видов»³³. Еще одна наиболее ранняя работа Бера «Несколько слов о современном состоянии и будущей важности зоологического музея» была посвящена критике недостатков в организации музейно-краеведческого дела (в части зоологии) во Франции и возможностям их исправления.

Большой интерес представляют зоологические пособия Бера для детей, являющиеся прямым продолжением «Мироведения» («Первого» и «Второго года естественнонаучного образования»). Русскому читателю они известны по книге «В царстве животных (первые уроки с детьми по зоологии)» в переработке В. И. Лукьянской (3-е изд. вышло в 1912 г. в Москве в серии «Библиотека И. Горбунова-Посадова для детей и для юношества») и особенно по

³³ Bert P. Cathulogue méthodique des vertébrés qui vivent à l'état sauvage dans le département de l'Yonne, avec la clé des espèces et leur diagnose. Paris, 1864.



Обложка книги Поля Бера, изданной в России в 1915 г.

«Первым понятиям о зоологии». Эта книга, перевод которой редактировал И. И. Мечников, высоко ценивший научные и педагогические заслуги Бера, была издана в России в 1883 г. и с той поры выдержала пять изданий (последнее в 1904 г.). Это прекрасно иллюстрированная книга, включающая основные сведения по систематике, морфологии, физиологии и географии позвоночных и беспозвоночных, была предназначена для средней школы. Пособием более высокого уровня (также для средней школы) явился «Очерк зоологии», опубликованный в русском переводе в 1883 г. Спустя пять лет он был издан вновь

в обработке одного из известнейших русских энтомологов и популяризаторов науки — Н. П. Вагнера. Большим достоинством этой книги является то, что в ней последовательно прослеживаются связи между морфологией животных и средой их обитания.

Наиболее крупным учебным пособием, написанным Бером, являются «Лекции по зоологии». Они представляют собой запись курса анатомии и физиологии, который Бер в течение 1869—1879 гг. читал в Сорбонне и в парижском Обществе среднего образования для девушек. В России «Лекции» в течение 25 лет использовались в качестве вводного курса к изучению этих дисциплин. Пособие Бера высоко ценили известный врач и физиолог И. Р. Тарханов (1846—1908) — автор предисловия к первому русскому изданию (1882), и зоолог и дарвинист М. А. Мензбир (1855—1935) — редактор трех последующих изданий (1891, 1897 и 1904 гг.).

Популяризаторская деятельность Бера столь обширна, что, пожалуй, нелегко даже перечислить все темы, затронутые Бером-популяризатором. Но если говорить о работах, известных в России, то в дополнение к уже перечисленным надо назвать и «Начатки опытной геометрии», изданные И. Д. Сытиным в 1910, 1912 и 1915 гг. Особенностью этого учебника является стремление автора максимально приблизить теорию геометрии к повсеместной практике учащихся. С этой целью он посвятил специальный раздел применения геометрии при измерениях на местности и в геодезии. Анализируя проблемы физико-математических наук, Бер стремился выделить практическую сторону и в таких, казалось бы, «абстрактных разделах», как, например, учение о кватернионах. Последнее Бер затронул в связи с обзором работ математика Ш. А. Лезана. Последний, как и Бер, соединял политическую деятельность (он был депутатом в парламенте от департамента Нижняя Луара) с научной, и в 1876 г. защитил на естественнонаучном факультете Сорбонны диссертацию на тему «Механические приложения исчисления кватернионов»³⁴. В то время исчисление кватернионов и алгебра Гамильтона уже широко применялись в

³⁴ См.: *Laisant Ch.-A. Applications mécaniques de calcul des quaternions: Sur un nouveau mode de transformation des courbes et des surfaces.* Paris, 1877 (Thésis présentées à la Faculté des sciences de Paris, N 397).

Англии и Германии, но во Франции были мало кому известны. Поэтому Бер в одной из заметок³⁵ привлек внимание читателей именно к прикладным «механическим аспектам» исчисления кватернионов и смежных областей.

Естественно, что Бера интересовали возможности использования математических методов и в биологии. Здесь надо сказать о его отношении к трудам Этьенна Маре (1830—1904), которые он (наряду с работами других авторов) использовал в книге о барометрическом давлении. Работая в известной степени в параллельном с Маре направлении, Бер имел основания полагать, что в сравнительной оценке их деятельности Парижской академией наук допущена несправедливость: в 1874 г. физиологические исследования Маре (графический метод) получили на академическом конкурсе премию как «наиболее способствовавшие за последние годы прогрессу физиологии и экспериментальной медицины», в то время как работа Бера по барометрическому давлению была лишь почетно упомянута как достойная участия «в дальнейших конкурсах и свидетельствующая о значительном и плодотворном прогрессе в области медицинской физиологии»³⁶. Тем не менее Бер усиленно пропагандировал математические и особенно графические методы физиологии, введенные незадолго перед тем Маре³⁷. В популярном очерке «Скорость мысли»³⁸ он положил эти методы в основу обзора данных по скорости распространения импульса в нерве, полученных Э. Ремаком, Ж. Шарко и др.

До настоящего времени сохранил определенную ценность обзор Бера, касающийся возможностей использования установок для концентрации солнечного тепла³⁹. Значительный исторический интерес представляет также его анализ устройства ранних телефонных аппаратов, значение которых для будущего Бер оценил одним из первых⁴⁰. Бер весьма оперативно информировал своих чи-

³⁵ См.: *Bert P.* Le calcul des quaternions.— *Rev. sci.*, 1879, vol. 1, p. 74—76.

³⁶ *Dubreuil L.* Paul Bert, p. 132.

³⁷ См.: *Marey E.* La méthode graphique dans les sciences expérimentales. Paris, 1878.

³⁸ См.: *Rev. sci.*, 1880, vol. 2, p. 25—37.

³⁹ См.: *Bert P.* La chaleur soleire: appareile Mouchot.— *Rev. sci.*, 1880, vol. 2, p. 38—52.

⁴⁰ См.: *Bert P.* Le téléphone.— *Ibid.*, vol. 2, 1880, p. 67—73; *Bert P.* Les nouvelles applications et les perfectionnements du téléphone:

тателей о новостях в астрономии. Так, когда П. Ж. С. Жансен провел наблюдения, показавшие гранулированность видимой поверхности (точнее, атмосферы) Солнца, Бер не только незамедлительно ознакомил читателей «Французской республики» с этими данными, но и призвал специалистов к дальнейшему их анализу⁴¹. Одним из первых поведал Бер французам об открытии спутников Марса, сделанном в Вашингтоне в августе 1877 г. Э. Холлом и подтвержденном в том же году У. Ж. Ж. Леверрье и другими французскими астрономами. Бер разъяснил значение этого открытия для измерения массы Марса, для космогонии*.

В заключение остановимся на отношении Бера к искусству; здесь также хорошо виден научно-реалистический подход ученого. Искусство интересовало его, по-видимому, в большей степени как область для применения научных методов. Так, в 1876 г. Бера волновал вопрос, почему некоторые крупные художники отдают в своих картинах явное предпочтение одному определенному цвету, причем в различные периоды жизни художника это предпочтение может меняться: например, лиловый цвет преобладает во вполне определенных картинах Декампа, а именно в тех, которые были написаны в последние годы его жизни. Часто это явление трактовалось как следствие каких-то физиологических изменений в зрительном аппарате художника.

Бер подошел к проблеме экспериментально. Наблюдая за художниками, делавшими по его просьбе копии с неизвестных им картин, надев цветные очки, Бер выделил из «случаев цветового предпочтения» два типа: физиологическую способность различать в одном цвете больше оттенков, чем в других, и предпочтение одному цвету «по причинам интеллектуального порядка». Обзор результатов этих исследований Бер опубликовал совместно с данными

Mm. de Champialier, d'Arsonal, Salet, du Moncel, G. Tronve.— Ibid., 1880, vol. 2, p. 200-204.

⁴¹ См.: *Bert P. Nouveils photographies du soleil*: M. Janssen.— Rev. sci., 1879, vol. 1, p. 164-167.

* Бер напомнил, что еще в 1867 г. Бекон, а в начале 1877 г. другой французский астроном — Бутиньи предсказывали существование спутников у Марса, главным образом на основании аналогии с другими планетами солнечной системы (см.: *Bert P. Les satellites de Mars*.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 106-118).

по патологии зрения Ж. Шарко и Галезовского⁴². К этому обзору примыкает очерк «Дальтонизм и железнодорожные катастрофы», написанный Бером по работам французского исследователя А. Фавра, шведа Э. Хольмгrena и других авторов.

В свое время Бер заинтересовался техникой гравирования. Вскоре он напечатал заметку, посвященную новому методу гравировки на стекле с помощью электричества, предложенному Гастоном Планте⁴³.

В отношении к искусству, как и во многом другом, для Бера образцом оставался Клод Бернар, который «ничего не потерял из-за благородных увлечений (искусством.— *Б. С.*) как физиолог: наоборот, все это ему служило для развития науки, которой он себя посвятил и наиболее возвышенным выражением которой стал»⁴⁴.

Несправедливо забытые в свое время взгляды Бера по общепарабиологическим вопросам и его работы в области пропаганды научного знания привлекают и долго еще будут привлекать внимание исследователей. Эта область его деятельности является в значительной мере интегрирующей для всей жизни Бера; она позволяет лучше понять многообразие его научных интересов, кажущихся порой далекими друг от друга. Именно этот общенаучный аспект творчества Бера свидетельствует о его стремлении утвердить новый, экспериментальный и в то же время по своему целостный, эволюционный и гуманистический подход к естествознанию как фактору социального прогресса.

Поль Бер — историк науки

У Бера нет работ, специально посвященных только истории развития какой-либо проблемы или отрасли науки. История имела для его творчества, если можно так выразиться, прикладное значение: она служила комментарием к изложению современного состояния той или иной проблемы, к оценке деятельности того или иного ученого. В этой связи представляется особенно интересным выяснить практический и теоретический вклад Бера в историографию науки, оценить сделанное им в этой области.

⁴² *Bert P. Sensations et perceptions colorées: Mm. Charcot, Galeowski, Paul Bert.*— *Rev. sci.*, 1879, vol. 1, p. 97-103.

⁴³ *См.: Bert P. La gravure sur verre par l'électricité.*— *Rev. sci.*, 1879, vol. 1, p. 170-171.

⁴⁴ *См.: Bert P. Claude Bernard.*— *Rev. sci.*, 1880, vol. 2, p. 225.

Среди работ Бера на историко-научные темы выделяются прежде всего очерки, посвященные его непосредственным учителям и предшественникам. Здесь он в полной мере проявляет свойственную ему точность в характеристиках, тонкость понимания человеческих отношений и судеб, способность воздавать должное и восстанавливать историческую справедливость.

В речи, посвященной Пьеру Гратиоле⁴⁵ и произнесенной 4 мая 1866 г. на годичном собрании французского Общества содействия науке, Бер воссоздает образ своего учителя и одного из крупнейших представителей школы сравнительной анатомии — школы, являющейся заслуженной гордостью французской науки XIX в.

Рисуя начало жизненного пути и научной деятельности Гратиоле, Бер говорил: «Гратиоле не был одним из тех гениальных детей, удивительные признаки которых собирают растроганные биографы; он не был и одним из тех конкурсных героев, которые блистают в день раздачи призов и затем навсегда исчезают. Однако он отличался открытостью своего рассудка, прямоотой и утонченностью ума, изяществом и часто даже поэтичностью мышления. Уже в детстве он проявил склонность к рисованию, которая так блестяще и с такой пользой развилась, когда он стал ученым. Свои свободные часы он проводил в музеях, задерживаясь особенно перед портретами великих людей и изучая их лица; в коллеже он проявлял свои художественные способности в том искусстве, с которым он подмечал в своих карикатурах доминирующую черту человеческого лица; в каком-то смысле он и позже остался исследователем человеческого лица и его выразительных движений. Однако и в детстве, и в течение всей его жизни его благородная природа и несравненная доброта предохраняли его от легких забав с карандашом и от чрезмерного блеска остроумия... Удивительно ли, что учителя и одноклассники прониклись живой симпатией к этому талантливому ребенку, окруженному тройным ореолом, который он сохранял всю свою жизнь: обаятельной веселостью, любовью к прекрасному и полной преданностью своему делу? В коллеже он завел многочисленных

⁴⁵ См.: *Bert P. Pierre Gratiolet*. — In: *Bert P. Leçons, discours et conférences*. Paris, 1881, p. 1-21.

друзей, некоторые из которых стали впоследствии знамениты, и все остались ему верными...

В Школу правовых наук он поступил также, чтобы не покидать одного из своих друзей, самого дорогого — Доше, от которого я и узнал большую часть всех этих подробностей о юности Гратиоле. Однако вскоре сухость мнимой учености, пустота схоластических диспутов, зыбкость и условность основных принципов — все это отпугнуло благородный ум Гратиоле, любившего простор, свет и определенность. Он почувствовал призвание к изучению естественных наук, для которых он был исключительно одарен, потому что в нем мысль, способная к предвидению, руководству и умозаключению, сочеталась с активной наблюдательностью и умелыми и послушными руками. Итак, поступив в Школу медицинских наук, он посвятил себя преимущественно изучению анатомии, приобретя вскоре в этой области глубокие познания, несмотря на несовершенство методов обучения. Позднее, уже перед самой смертью, он сделал попытку реформировать эти несовершенные методы...

Еще на скамье медицинской школы Гратиоле мечтал о преподавании; его друзья предсказывали ему верный успех на этом поприще, восхищаясь его гибким и глубоким умом, его красноречием и убежденностью, а также той легкостью, с которой он наносил на таблицы сложнейшие детали анатомических описаний. Однако он не успокаивался тем, что обладал столь редким сочетанием счастливых качеств. И когда он был один в своей комнатке на улице Суффло, и когда он был на заседаниях научного кружка, тогда хорошо известного, в переулке де-Винь, всюду он упражнялся в ораторском искусстве...

Действительно, в качестве преподавателя он завоевал глубокое уважение. Он считал, что недостаточно излагать студенчеству точные факты, здравые и справедливые идеи; надо также, чтобы студент полюбил все эти данные и идеи. Профессор в его идеале (могу сказать, в осуществленном им идеале) должен, конечно, доказывать, но должен и как бы соблазнять в науку. Он служит как бы ферментом или неким непрерывным и плодотворным светом, количество которого не убывает по мере его действия. В то же время, отнюдь не полагаясь на слепую доверчивость к себе юных умов, он призывал их при первой возможности прибегать к усилиям собственной мысли...

Его редкие достоинства не могли не привлечь к нему внимание преподавателей Школы медицинских наук. Особенно привязался к нему один из его учителей, весьма умный и чуткий Паризе; пораженный научными способностями своего юного друга, он представил его Бленвиллю, который в 1842 г. взял его в свою лабораторию...

Это была высокая и весьма трудная школа. Однако Паризе знал, что горячий и страстно преданный науке знаменитый анатом был воплощенной научной совестью. Паризе знал, что, отдавая в его руки будущее того, кого он любил, как сына, он может быть уверен, что Бленвилль любит науку и чувствует ее мощь достаточно, чтобы воспитать себе достойного, а когда-нибудь даже равного по славе соперника. Бленвилль оказался достойным этого доверия; несомненно, что его подкупили скромность и почтительная твердость юного студента. Так или иначе между ними установилась двойная связь взаимного уважения и признания, и в июне 1844 г. Бленвилль назначил Гратиоле читать вместо себя курс анатомии в Музее естественной истории...

Гратиоле тогда не было еще и двадцати девяти лет. Его предшественником на этой кафедре сравнительной анатомии, которая была славой музея, да и всей Франции, был не только Бленвилль, но и Кювье. Будучи еще студентом (только в 1845 г. он защитил свою медицинскую диссертацию под заглавием «Исследования о яacobсонове органе»), он уже преподавал учителям, и преподавал великолепно, зрело, и иногда красноречиво до поэтичности. Его дебют уже был его триумфом»⁴⁶.

В этом блестящем описании весь Бер — историк науки, способный не только исторически верно воссоздать картину становления будущего ученого, но и подвергнуть ее мастерскому психологическому анализу.

Заслугу Гратиоле Бер видит в том, что тот показал анатомическую связь между клетками спинного мозга, вскрыв таким образом важную особенность анатомического субстрата рефлекторной спинномозговой деятельности. Для Бера это характерный пример того, как анатомия становится на службу физиологии, как последняя указывает направление анатомического поиска. «Не является ли неизбежным, что для того, чтобы одна клетка могла возбу-

⁴⁶ Bert P. Pierre Gratiolet..., p. 3-4.

дить реакцию другой, между ними должна существовать некоторая анатомическая связь?»⁴⁷

Очевидно, что в данном случае обращение к вопросам истории науки дает Бери повод проиллюстрировать свою концепцию самостоятельной роли физиологии в системе биологических наук, концепцию, на значение которой для данного этапа развития биологии уже указывалось в предшествующей главе.

Однако, помимо заслуг Гратиоле в области экспериментального естествознания, внимание Бери привлекает еще одна сторона творчества Гратиоле — это недопущение в собственно научную сферу никаких предвзятых выводов из области вненаучных концепций и в особенности спиритуалистических доктрин, приверженцем которых Гратиоле был. По этому вопросу в ряде формулировок Бери имеются неточности, но в целом смысл их ясен: заслуга Гратиоле в том, что ему удалось оградить свой естественнонаучный материализм от возможных посягательств со стороны воспитанных в нем с детства религиозных и идеалистических убеждений.

Известно, например, что Бюффон, отстаивая тождество строения мозга и многих других органов orangutan и человека, делал из этого вывод о том, что различие в интеллекте между обезьяной и человеком связано только с наличием у последнего нематериальной души как «высшего принципа». «Разумеется, — констатировал Бер, — этот вывод был не из тех, которые могли бы оттолкнуть Гратиоле, красноречивого сторонника спиритуалистических доктрин; и тем не менее его научная честность была такова, что он не мог принять этих предпосылок без проверки»⁴⁸. Проверка же показала, что в сравнительно-анатомическом отношении упомянутое «тождество» строения мозга orangutan и человека является чистым мифом.

Собственно говоря, установление анатомо-физиологических различий между мозгом обезьяны и человека далеко не является заслугой одного Гратиоле. Но Бер отмечает, и совершенно справедливо, что Гратиоле одним из первых сделал из этих различий надлежащие мировоззренческие выводы, что тем более парадоксально, что эти

⁴⁷ Ibid., p. 9.

⁴⁸ Ibid., p. 10.

выводы потребовали определенных жертв со стороны вне-научных верований самого Гратиоле.

Бер писал также и очерки об ученых, несколько более далеких от него по профилю своих занятий: о химиках А. Сент-Клер Девилле⁴⁹ и Ж. Б. Дюма⁵⁰, о Франсисе Гальтоне⁵¹, об Адольфе Вюрце⁵², об археологе Г. К. Ш. Масперо. Не оставил он в стороне и наших соотечественников, написав очерки о путешествиях Н. М. Пржевальского⁵³, о деятельности П. Н. Яблочкова⁵⁴ и об идеях А. А. Герцена в области физиологии нервной системы⁵⁵.

Но больше всего статей, очерков, речей и выступлений Бер посвятил своему учителю Клоду Бернару, который для него был «не физиологом, но самой Физиологией». В одной из своих речей о Бернаре, произнесенной 30 января 1879 г. на конференции в Сорбонне, Бер дал подробную периодизацию деятельности своего учителя, проанализировал и оценил направления его работы и выделил в качестве главного из них физиологию питания. «Исследования нервной системы, равно как и мышечной, по-видимому,— отмечал Бер,— никогда особенно не привлекали Клода Бернара иначе, как в своей связи с явлениями питания; и на питании Бернар демонстрировал свое глубокое понимание общей физиологии, поскольку процесс питания является универсальным для всех представителей живой природы, в то время как нерв и мускул представляют лишь вторичные усовершенствования»⁵⁶. Ис-

⁴⁹ См.: *Bert P.* Chimie: les travaux de Henri Sainte-Claire Deville.— *Rev. sci. publ. j.* «La République Française», 1882, vol. 4, p. 236-250.

⁵⁰ См.: *Bert P.* La dissolution de l'oxygène dans l'argent soluble: M. Dumas.— *Ibid.*, 1880, vol. 2, p. 186-188.

⁵¹ См.: *Bert P.* Les Portraits composites: M. Francis Galton.— *Ibid.*, 1881, vol. 3, p. 30-34.

⁵² См.: *Bert P.* Récentes découvertes d'outils en fer dans les pyramides: Maspero.— *Ibid.*, 1885, vol. 7, p. 14-18; *Bert P.* Adolphe Wurtz.— *Ibid.*, p. 145-157.

⁵³ См.: *Bert P.* Les voyages du colonel Prjévalsky.— *Ibid.*, 1884, vol. 6, p. 197-205.

⁵⁴ См.: *Bert P.* La nouvelle pile de M. Jablochkof.— *Ibid.*, 1880, vol. 2, p. 104-105.

⁵⁵ См.: *Bert P.* Nature de la pensée: Herzen.— *Ibid.*, 1879, vol. 1, p. 112-114.

⁵⁶ *Bert P.* Les travaux de Claude Bernard.— *Rev. sci.*, 1880, vol. 2, p. 285.

следование питания приобретает, таким образом, общее, можно сказать, методологическое значение в плане интеграции самых различных направлений физиологии. В лице Бернара Бер видел предтечу будущей физиологии, которая перестанет быть описательной наукой и начнет активно изменять организм: «Он (Бернар.— *Б. С.*) показал, что физиолог-экспериментатор может не только анализировать и демонстрировать, но также и управлять или руководить, и что он может надеяться стать завоевателем природы, в том же смысле, в каком им стал физик или химик»⁵⁷.

Рассматривая биографию Бернара, Бер видит в ней пример чего-то более общего: как бы эталон жизни, превращенной в служение науке, или, как Бер иногда выражается, в «охоту за открытиями».

Вот как Бер резюмирует два первых десятилетия научной деятельности К. Бернара: «Никогда еще охота за открытиями не была более плодотворной. За двадцать лет Клод Бернар открыл кардинальных для физиологии фактов больше, чем не только работавшие параллельно с ним французские физиологи, которых было немного, но и чем вообще все физиологи мира. Он исследовал деятельность различных пищеварительных желез, в особенности поджелудочной железы; гликогению у животных, возможность экспериментально вызывать диабет; показал существование вазомоторных нервов, построил теорию животного тепла, изучил действие ядов как самостоятельную проблему и как средство анализа физиологических явлений; добыл необозримое количество новых фактов, предложил множество остроумных умозаключений, проницательных и плодотворных интуиций. Все это содержится не только в его специальных сообщениях (в Академии наук), но и в 14 томах монографий, в которых, начиная от его «Лекций по экспериментальной физиологии в ее приложениях к медицине» (1855—1856) и до «Лекций о диабете и о гликогенезе у животных» (1877), он каждый год подытоживал результаты своих опытов и давал резюме своих лекций. Эти труды поставили его в положение неоспоримого авторитета, признаваемого как во Франции, так и за ее

⁵⁷ *Bert P. Funérailles de Claude Bernard.*— In: *Bert P. Leçons, discours et conférences, 1881*, p. 250.

пределами»⁵⁸. Возможно, здесь не обошлось без «провансальского» преувеличения, особенно там, где Бер говорит о равноценности открытий одного Бернара трудам всех вообще физиологов всего мира в совокупности, но не следует забывать и того, что это сказано в некрологе.

Бер дает особенно высокую оценку бернардовскому «Введению в исследование экспериментальной медицины», выход которого в 1865 г. «поразил изумлением и восхищением все образованные умы»⁵⁹. Подчеркнув, что в этом сочинении обобщен огромный материал экспериментальных исследований самого Бернара и его предшественников, Бер усматривает во «Введении» еще одно неоценимое достоинство: Бернар, по его мнению, создал новый стиль французской научной литературы. Стиль следует понимать здесь в широком смысле: не только как языковой стиль, но как способ изложения вообще, способ подачи материала одновременно строго научным и общедоступным образом. И в отношении этого стиля, столь соответствующего рационалистическим и просветительским традициям французского мышления, пожалуй, никто не был таким достойным преемником Бернара, как сам Бер.

Наиболее подробный анализ развития идей Бернара дан в уже упоминавшемся докладе «Научные труды Клода Бернара», прочитанном в Парижском университете 30 января 1879 г.⁶⁰ Бер приводит в нем прежде всего обзор ранних трудов Бернара начиная с защищенной им в 1843 г. докторской диссертации «Желудочный сок и его роль в питании» и с работы 1844 г., посвященной нервной регуляции пищеварения. Уже в них Бернар, выступая против механистического понимания пищеварения, подчеркнул, что роль этого процесса отнюдь не сводится к разжижению пищи, как полагали многие физиологи. В частности, он обратил внимание на участие в пищеварении многих ферментов и наличие сложных химических

⁵⁸ Bert P. Claude Bernard: (Nécrologie).— Rev. sci., 1879, vol. 1, p. 151-152.

⁵⁹ Ibid., p. 153.

⁶⁰ См.: Bert P. Les travaux de Claude Bernard.— In: Bert P. Leçons, discours et conférences, 1881, p. 273—317. Доклад в какой-то мере носит характер некролога (он сделан через год после кончины Бернара). Отметим, что в свое время и Бернар в исторических обзорах давал высокую оценку деятельности Бера (см., например: Bernard C. Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie en France. Paris, 1867, p. 123 ff.).

превращений, служащих условием усвоения пищи. Бернар показал необходимость перехода тростникового сахара в глюкозу для усвоения сахара и то, что насильственно введенный в кровь тростниковый сахар в нерасщепленном виде не может принять участия в обмене веществ. Бер излагает также работы Бернара по усвоению жиров, особенно останавливаясь на остроумной технике экспериментов.

Кульминационным пунктом ранних исследований Бернара по пищеварению было, по мнению Бера, открытие роли печени в производстве молекул сахара, поступающих в ток крови. Наличие небольших количеств сахара в крови продемонстрировал Мажанди, но до Бернара физиологи все еще ошибочно полагали, что этот сахар берется непосредственно из пищевых масс, находившихся в кишечнике. Раскрытие Бернаром в 1848 г. роли печени как железы положило начало всемирному признанию его как главы физиологов. Бернара избрали во Французскую академию наук, а в Парижском университете специально для него была создана кафедра общей физиологии.

Впрочем, как справедливо отмечает Бер, «ученый мир был приведен в возбуждение не только самой неожиданностью открытия Бернара: дело еще и в том, что открытие разрушило один из барьеров, искусственно воздвигнутых между животным и растительным царствами. В самом деле, до тех пор полагали, что только растения способны производить непосредственно необходимые для жизни вещества, животные же только ассимилируют или разрушают эти вещества. Клод Бернар же показал, что по крайней мере в отношении сахара такое ограничение является излишним. Вскоре после этого он сделал еще шаг в том же направлении, доказав, что животный организм производит не только сахар, но и ту субстанцию, производным которой служит сахар»⁶¹.

Надо признать, что Бер удачно проанализировал этот аспект «психологического шока», произведенного открытием Бернара. В то же время он показал, что шок подействовал на членов научного сообщества по-разному: ученые, косно придерживавшиеся прежних позиций, отрицали наблюдения Бернара и то, как он объяснял их. Проведенный Бером анализ развернувшейся вокруг этого вопроса полемики имеет первостепенный интерес и для

⁶¹ Bert P. Claude Bernard..., p. 279-280.

современной проблематики исследования истории науки: с точки зрения проблемы «структуры научных революций».

Полемика быстро вышла за пределы собственной биологии и охватила медицину, поскольку Бернар развил на основании своих открытий убедительную и сохраняющую значение поныне картину этиологии сахарного диабета. Как это обычно бывает в случае успешно завершившихся научных революций, полемика, выражаясь словами Бера, «оказала открывателю ту службу, что привлекла его с еще большим рвением на защиту открытой истины»⁶².

Мы не будем вдаваться во все тонкости проанализированных Бером споров по поводу гликогенной функции печени, однако отметим, что они явились образцом плодотворной научной полемики: окончательное решение было достигнуто благодаря фактам, добытым решающим экспериментом — *experimentum crucis*. Как показал Бернар, при содержании изолированной печени в температурных и прочих условиях, близких к существующим в организме, она синтезирует сахар: он появлялся в препарате через несколько часов после того, как печень была полностью промыта от ранее содержавшихся в ней сахаров. И наиболее эффективным завершением спора стало открытие Бернаром в печени непосредственного биохимического предшественника сахара (гликогена).

На примере анализа бернардовских открытий Бер демонстрирует применение метода, много позднее получившего у английских и американских историков название «*case history*», т. е. «истории случая», когда на материале отдельного (казалось бы), но зато всесторонне изучаемого эпизода из истории некоторой области выявляются исторические закономерности или демонстрируется их действие. В данном случае Бер показал неизбежность, с которой научный прогресс прокладывает себе дорогу через предубеждения или возражения, связанные с ложными традициями; и закономерность перехода от прорыва на узком участке научного фронта к созданию научного плацдарма, открывающего пути к применению более широкого спектра методов и освоению ранее неосвоенных.

Таким плацдармом оказалась по-новому освещенная роль нервной системы в регуляции пищеварительных и

⁶² Bert P. Claude Bernard..., p. 280.

других «вегетативных» процессов в живом организме. Итак, продолжает Бер, «битва была выиграна, но Клод Бернар был не таким человеком, чтобы почить на лаврах. Он ищет и находит, каковы факторы биосинтеза сахара; в какой дозе сахар должен быть представлен в крови, чтобы могло быть обнаружено его присутствие в моче; как сахар эвакуируется из организма в норме; каковы факторы, препятствующие образованию сахара; каким образом гликоген оказывается включенным в тот анатомический субстрат, где его находят. И внезапно обнаруживается, что во всех соответствующих явлениях огромную роль играет нервная система»⁶³. Отсюда совершается (в историко-научном смысле) переход к позднейшим работам Бернара и к учению о регуляторной деятельности других ученых (в том числе Ч. Шеррингтона, И. М. Сеченова) и к павловскому «нервизму».

Другими «case history», связанными с работами Бернара и столь же рельефно обрисованными Бером в его очерке, являются проблема теплоты животного организма и открытие вазомоторных нервов. В последнем случае Бер прослеживает историю вопроса хронологически более глубоко, вплоть до эксперимента Пурфура дю Пети, показавшего в 1727 г., что перерезка большого симпатического нерва на уровне шеи ведет к сокращению зрачка. Однако изменения кровообращения и другие сдвиги, сопровождающие перерезку, впервые констатировал Бернар, повторивший опыт Пурфура дю Пети. Анализ открытия Бернаром сосудосуживающих и сосудорасширяющих нервов, данный Бером, также представляет пример вдумчивого и методически последовательного раскрытия историко-научной проблемы и заслуживает почетного места на страницах историко-научных хрестоматий. Бер мастерски вскрывает взаимосвязь между различными научными интересами Бернара — такими, как открытие вазомоторных нервов, изучение действия яда кураре, развитие физиологоанатомических методов локализации действия ядов и других физиологически активных веществ, исследования сократимости мышц. Рассматривает он и общебиологические воззрения Бернара (на их связь с мировоззрением самого Бера указывалось в предшествующей главе).

⁶³ Ibid., p. 281.

Многочисленные факты деятельности Бернара, сообщаемые из первых уст, и тщательный анализ всего бернардовского этапа развития физиологии делают работы Бера незаменимым источником по данной области историографии биологических наук. Эти работы широко используются современными исследователями творчества Клода Бернара⁶⁴.

Наиболее крупным историко-научным произведением Бера является «Историческая часть» его труда «Барометрическое давление», изданного в 1878 г., а затем вышедшего также в английском и русском переводах. К сожалению, переводчик Н. А. Есипов выпустил в русском издании (1907 г.) именно историческую часть, хотя сам занимался историей водолазного дела и был автором обширных «Материалов к историческому очерку 25-летия Водолазной школы, 1882—1907 гг.» (Кронштадт, 1907). Редактор следующего (1916 г.) издания В. П. Аннин, специалист по медицинским проблемам водолазного дела*, не восстановил беровского исторического очерка. Правда, в издании 1916 г. появился список «Литературные источники, упомянутые в исторической части»⁶⁵. В целом же нам придется при рассмотрении этой части труда Бера опираться на французский оригинал.

«Историческая часть» построена весьма логично и, можно даже сказать, прямолинейно: рассмотрена история вопроса о пониженном давлении (гл. 1), потом — о повышенном (гл. 2), затем история экспериментов (гл. 3) и выводы (гл. 4). Первая глава столь же естественно распадается на разделы, посвященные горным восхождениям, полетам на воздушных шарах и пневматическим колоколам.

Историю знакомства человека с пониженным давлением атмосферы Бер начинает с рассмотрения горных восхождений. Несмотря на то что область расселения человека с древнейших времен была окружена горами — Гималая-

⁶⁴ См., например: *Карлик Л. Н.* Клод Бернар. М.: Наука, 1964; *Virtanen R.* Claude Bernard and his place in the history of ideas. Lincoln, 1960; *Holmes F. L.* Claude Bernard and animal chemistry: the emergence of a scientist. Cambridge, Mass., 1974.

* Подробно о деятельности В. П. Аннина рассказано в очерке, помещенном в приложении к данной книге (с. 277—285).

⁶⁵ *Бер П.* О влиянии повышенного барометрического давления на растительный и животный организм: Пер. В. П. Аннина. 2-е изд., пер. и доп. Пг., 1916, с. 642—647.

ми, Кавказом, Альпами, Атласом и т. д., вплоть до начала новой эры люди, как ни странно, проявляли мало интереса к горным восхождениям. Бер подтверждает мнение А. Гумбольдта о том, что «древние боялись гор в гораздо большей степени, чем восхищались ими. Они не говорят о горах иначе как со страхом, с тайным трепетом; великолепное зрелище, представляемое горами, нисколько их не трогало. Чувства, которые в нас возбуждают горы, благородные идеи, на которые они вдохновляют, древним были неизвестны. Любовь к живописному — чувство чисто современное... Полибий первым решился путешествовать по альпийским долинам; крупнейшие горные массивы, Монблан, Монроз, Юнгфрау в классических языках даже не имели названий»⁶⁶.

Исключение составляют Этна, па которую восходил, в частности, друг Сенеки — Люцилий младший. Страбон в своей «Географии» рассказывает о том, что восхождения на Этну стали довольно частыми в его время. «Даже император Адриан, который был большим любителем путешествий, поднимался на вершину Этны, чтобы полюбоваться восходом солнца. В этих ранних известиях не дается физиологических показаний; однако мы увидим, что на высоте этого вулкана они еще слабы и могли затронуть только часть из путешественников, да и те могли спутать их со следствиями утомления. То же и относительно тех, кто пересекал Пиренеи и Альпы. Пиренейские ущелья, по которым шло регулярное сообщение между Галлией и Испанией, едва достигали 1500 м над уровнем моря. Где бы мы ни помещали место прохода Ганнибала в Италию, т. е. перешел ли он по Малому Сен-Бернару (2160 м над уровнем моря), по ущелью у горы Визо (2700 м), у горы Сенис (2080 м) или по долине Бофор между современными поселками Альбервилль и Шамуни, во всех случаях, очевидно, высоты, на которые поднималось его войско, были небольшими. При императоре Августе через Альпы было проведено две дороги: через Большой Сен-Бернар (2490 м) и через Малый Сен-Бернар... В средние века путешественники часто посещали Симплон (2020 м) и Большой Сен-Бернар, о чем сохранились свидетельства летописцев»⁶⁷.

⁶⁶ Bert P. La pression barométrique..., p. 5.

⁶⁷ Ibid.

К истории древнейших восхождений Бер присовокупляет краткий обзор распространения в горах растений и животных, этих первых объектов «естественного эксперимента», который природа проводит над живыми существами, обитающими на разных высотах и соответственно при различном давлении. Констатируя, что распространение животных в горах диктуется распространением растений, Бер отмечает, что «той же закономерностью следуют и человеческие поселения. В Центральной Европе мало деревень превышает по своей высоте над уровнем моря полтора километра; Порте, самое высокое поселение в Пиренеях, расположено на высоте 1625 м, а Сен-Веран (Франция, департамент Верхние Альпы) и Сольо (Ретийские Альпы) — 2050 м. Выше имеются только несколько горных хижин, обитаемых зимой. Сен-Готардский приют расположен на высоте 2090 м, Бернинский — 2300 м; из летних пастбищ самое высокое, на которое поднимаются альпийские пастухи, это долина Флюальп (2550 м)... В Андах не только деревни, но и многочисленные густонаселенные города располагаются на высокогорьях: Мехико — 2290 м, Кито — 2910 м, Куско — 3470 м, Такора — 4170 м... особенно поразительна высота человеческих поселений в Гималаях. Анды и Гималаи представляют собой единственные два района земного шара, где популяции, исчисляемые миллионами людей, постоянно обитают на высотах свыше 3000 м. Люди, живущие в таких условиях, несомненно обитают в среде, весьма отличной от той, которая существует внизу. На высоте 5500 м литр воздуха весит вдвое меньше, чем литр воздуха, взятого на уровне моря; на высоте 3300 м — на треть меньше, на высоте 2300 м — на четверть меньше. Однако медленные воздействия, возможно, отражающиеся на ходе эволюции, испытываемые поколение за поколением обитателями высокогорий, нас здесь не интересуют. Эти вопросы, столь важные с точки зрения гигиены и общественной жизни, освещены в книге Журдане⁶⁸. Здесь нас будут занимать только внезапные и явные изменения, производимые в организме человека и животного резким и значительным перепадом барометрического давления»⁶⁹.

⁶⁸ См.: Jourdanet D. Influence de la pression de l'aire sur la vie de l'homme. Paris, 1875.— Б. С.

⁶⁹ Bert P. La pression barométrique..., p. 20-21.

Если же не считать высокогорных восхождений и жизни в горах, человек столкнулся (осознанно) с фактом существования пониженного атмосферного давления сравнительно недавно: в 1610-х годах. Галилей впервые высказал идею о давлении воздуха, а в середине XVII в. Торичелли изобрел барометр, Отто Герике — пневматический насос, а Перье, ученик Паскаля, — прибор для наблюдения над падением столба жидкости в барометре в соответствии с изменением высоты местности. Эра воздушных шаров началась еще позже, с 22 ноября 1783 г., когда первый монгольфьер с придворным историком Пилатром дю Розье и маркизом д'Арландом на борту поднялся над Парижем.

Однако ни первые путешественники на воздушных шарах, ни многочисленные ранние авторы, осуществлявшие и описывавшие горные восхождения, не указывают, хотя бы косвенно, на феномены понижения атмосферного давления. Это лишний раз подчеркивает, что человек пока не столкнется с заметно выраженным понижением давления, чувствует в основном лишь то, что предрасположен воспринять. Среди описаний древними и средневековыми авторами трудностей перехода через альпийские перевалы, восхождения на Этну, Арарат и другие высочайшие горы имеются указания на холод и чрезмерную усталость, на опасность гибели в снегах и ущельях, но нет прямых указаний на затрудненность дыхания и вообще на какие-либо прямые проявления пониженного давления. Чтобы сделать такой вывод, Беру пришлось просмотреть огромное количество книг древних и средневековых писателей, географов, историков. Несомненно, в этой работе ему помогло полученное им гуманитарное образование.

Явления горной болезни впервые определенно были установлены у первых английских путешественников в Гималаи в XVII в.; только после этого аналогичное истолкование и наименование получили сходные (хотя менее четко выраженные) симптомы, ранее наблюдавшиеся у путешественников по центральноамериканским нагорьям и по Альпам. Подробность, с которой Бер излагает историю горных восхождений, начиная с военных экспедиций Кортеса в Мексику (1519 г.) и Писарро в Чили и Перу (1534 г.), делает его труд интересным не только для истории физиологии, но и для истории географии и альпинизма.

Самого же Бера, естественно, интересует прежде всего история постепенного выяснения клинической картины горной болезни, и он богато иллюстрирует эту историю выдержками из рассказов путешественников, летописцев и историков. В четком виде эта картина предстает уже в письмах А. Гумбольдта из Южной Америки в 1802 г. Позднее горную болезнь по личным впечатлениям описали исследователи, побывавшие в Южной Америке, — например, Ч. Дарвин (в 1835 г. он совершил переход через Анды по перевалу Портильо на высоте 4360 м), французский ботаник Клод Ге⁷⁰, швейцарский путешественник Й. Чуди⁷¹, французский географ и зоолог Ф. Кастельно⁷², немецкий путешественник Герман Бурмайстер⁷³. Бер приводит несколько нечеткие описания горной болезни в Европе, сделанные в 1671 г. итальянским математиком и естествоиспытателем Джованни Альфонсо Борелли, поднявшимся на Этну, а также ряд свидетельств о более поздних подъемах на ту же вершину. Затем он излагает историю восхождений на пик Тенериф на Канарских островах, а также на альпийские вершины, где наиболее точными (в описании горной болезни) являются данные швейцарского испытателя Ораса Соссюра, полученные во время его знаменитого восхождения на Монблан в 1778 г.; рассказывает о покорении Пиренеев, Кавказа, вершин Центральной Азии, Африки, тихоокеанского бассейна — все это Бер подает читателям под определенным углом зрения (горная болезнь), но с присовокуплением множества весьма ценных географических и исторических деталей.

Анализируя десятки случаев, в том числе с трагическим исходом, Бер не пропускает в описаниях путешествий ни одного места, где можно было бы найти указание на тот или иной симптом горной болезни. Например, в описании путешествия английского ботаника Д. Гукеса по Гималаям Бер отмечает место, где сказано, что исследователь «испытал трудности с дыханием, страшную уста-

⁷⁰ См.: *Gay G. Fragment d'un voyage dans le Chili et au Cusco.*— *Bull. Soc. géogr.* 2^e sér., 1843, t. XIX, p. 15-57.

⁷¹ См.: *Tschudi J. J. Peru, Reiseskizzen aus den Jahren 1838—1840.* Sankt-Gallen, 1846, vol. 1, 2.

⁷² См.: *Castelnau F. Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud.* Paris, 1851, t. 3, 4.

⁷³ См.: *Burmeister H. Reise durch die La Plata-Staaten, ausgeführt in den Jahren 1857—1860.* Halle, 1861, Bd. 1, 2.

лость, головокружение и головную боль на высоте 16 000 футов, поднимаясь 2 декабря 1848 г. на перевал Канглачем в Восточном Непале»⁷⁴. Всюду, где возможно, Бер выписывает данные о высоте, с которой начались те или иные симптомы.

Несомненно, что исторический обзор Бера представил бы большой самостоятельный интерес даже в том случае, если бы не служил введением к экспериментально-теоретической части. Для историка науки ценно и то, что Бер в своем очерке горных восхождений дал пример сочетания анализа развития строго определенной проблемы с раскрытием широкой перспективы истории географии и медицины. На этом сравнительно раннем этапе развития историко-научной литературы имеется не так уж много работ, в которых так последовательно выражено это столь важное в методологическом отношении сочетание.

Несколько менее подробно Бер рассматривает историю подъемов на воздушном шаре, начиная с первых полетов монгольфьера и шарльера 1783 г. Он анализирует конструкции шаров и опытные данные французских, английских, итальянских и прочих исследователей; впоследствии рассмотрение этих и других данных породит его концепцию относительно влияния разрежения атмосферы на организм человека. Но в данном случае анализ носит не столько логический, сколько исторический характер: задача Бера — показать, в какой мере его теория служит завершением концепций Пеппига, Буссенго, Жюно, Мажанди и других авторов, по-своему пытавшихся объяснить «горную болезнь». Сжатое, чрезвычайно рельефное изложение взглядов своих предшественников Бер каждый раз сопровождает кратким резюме, здесь же он приводит обзор того нового, что они внесли в анализ изменений кровеносной, дыхательной, мускульной и других систем организма, помещенного в разреженную атмосферу.

Аналогичного плана придерживается Бер и при рассмотрении истории вопроса о действии повышенного давления на организм. В основном здесь анализируется история водолазного дела начиная с XVI в., когда Штурмиус изобрел свой колокол для подводных погружений. Особые параграфы посвящены французским аппаратам

⁷⁴ *Hooker D. Himalayan journal: or notes of a naturalist. London, 1854, vol. 1, p. 247; Bert P. La pression barométrique. Paris, 1878, p. 157.*

для погружения на небольшие глубины, созданным в 1830—1840 гг. инженером Триже и его сотрудниками, и истории скафандра. Бер прослеживает основные тенденции и эволюцию параметров скафандра, включая снижение веса подводного костюма и увеличение глубины, на которую возможно погружение с его помощью. Но основной задачей и здесь остается сбор и анализ указаний на острые или хронические патологические проявления у лиц, подвергавшихся погружениям. Свидетельства о субъективных ощущениях (шум в ушах, расстройство мускульного чувства и т. д.) собираются Бером столь же скрупулезно, как и данные о частоте пульса или дыхания, о количестве углекислоты во вдыхаемом воздухе и о прочих физиологических и патологических проявлениях при повышенном давлении или при вдыхании сжатого воздуха.

История науки не была для Бера самоцелью. Но если в одних случаях он обращался к ней для подкрепления своих теоретических концепций, то в других случаях искал в истории науки образцы (или, наоборот, контрпримеры) для форм организации науки, которые считал желательными. В этом отношении Бер не строил иллюзий относительно положения науки в современной ему Франции: «Французский научный батальон,— писал он,— малочислен и очень плохо вооружен. Как бы он ни был храбр и интеллектуален, он неизбежно должен будет пасть в битве. Необходимость реформ в организации и снабжении науки поистине кричащая и безотлагательная»⁷⁵.

Залог того, что французская (и мировая) наука в конечном счете преодолееет все организационные трудности, Бер видел в повсеместном торжестве республиканских и демократических идей. «Древние социальные организмы,— писал он,— которые основывались на вере и подчинении и соответственно находили выражение в политической форме монархии, разрушились и распались, не справившись с неразрешимыми трудностями. Какая же сила может вновь построить здание (социальной организации), если не наука, которая заменяет верование доказательством, смирение победоносной борьбой и, что логически вытекает из этого, имеет тенденцию к демократии с ее

⁷⁵ Bert P. Introduction.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 10.



Поль Бер, 1883 г.

единственно возможным политическим выражением, Республикой?» ⁷⁶

Вопросы статуса и престижа науки в современном ему и особенно будущем обществе, полностью свободном от феодальных пережитков, неизменно волновали Бера. Так, одной из заслуг Бернара и весьма важным итогом его научной деятельности Бер называет повышение престижа науки во французском обществе, которому Бернар способствовал своими трудами: «Сама его смерть, как нам представляется, открыла в науке новую эру. Впервые в нашей стране человеку науки возданы публичные почести, бывшие доньше привилегией политических или военных знаменитостей. И правительству делает честь то, что оно предложило палатам парламента (и это предложение было принято единогласно) отнести за счет государства торжественные похороны покинувшего нас ученого» ⁷⁷.

Конечно, Бер не был свободен от предрассудков своего времени, и в его представлениях о роли науки много

⁷⁶ Ibid., p. 3.

⁷⁷ Bert P. Claude Bernard, p. 157.

CHAMBRE
des députés

Clarens
Paris le 14 Sept 1882

Pour le savant comme
pour le politique, le
difficile est de se choisir
quelque problème soluble,
dans l'état présent, et de
le diriger en ordre progressif.
Mais si le génie du
savant se mesure à
l'impression de sa découverte,
le politique pour le
sien ou ne s'attachant
à rien d'extraordinaire et
d'inattendu.

Paul Ber

«Ученый, как и политик, поставлен перед необходимостью оценить перспективность разработки определенной актуальной проблемы и сосредоточить все силы и средства на ее решении. Поль Бер, 14 сентября 1882 г.»

такого, что сейчас было бы названо сциентистскими иллюзиями. Однако многое во взглядах Бера на науку как социальную, производительную, а в конечном счете и регулирующую силу (хотя Бер не мог видеть, какие именно науки сыграют эту регулирующую роль, и переоценивал в этом смысле значение естествознания) общества созвучно и современной эпохе. «Долгое время науки рас-



*Бюст Поля Бера, установленный в коллеже,
носящем его имя, г. Осер*

сматривались лишь как своего рода роскошь,— писал Бер,— короли охотно покровительствовали (наподобие того, как они покровительствовали поэтам и артистам) этим безвредным исследователям, открытия которых возбуждали любопытство или придавали блеск царствованию. В последнее время распространилось противоположное заблуждение: народы и правительства не видят в науке ничего, кроме источника богатства, которое рождается в результате здравого применения теоретических принципов науки. Как нам представляется, истинное назначение науки лежит в значительной мере как бы над обеими этими противоположными оценками. Несомненно, что наука — самое благородное из занятий духа, и человек заслуженно может гордиться, что ему удалось с ее помощью задавать вопросы молекулам материи или космическим пространствам, выведывать тайны как бесконечно большого, так и бесконечно малого. И несомненно, с другой точки зрения, что наука может поставить себе в заслугу то, что она подарила нам как могучих и послушных слуг

те природные силы, которые наши предки рассматривали как недоброжелательные божества; и то, что она так глубоко пронизала собой материальные условия жизни современных народов — так глубоко, что мы уже и не можем представить себе возможности цивилизации без богатых завоеваний науки. Но есть еще один важный момент, помимо решения теоретических проблем и вытекающего из этого решения практического изобилия. Наука, которая уже стала освободительницей человеческой мысли, стремится также и к тому, чтобы стать регулирующей силой общества»⁷⁸.

В связи с вопросами организации науки отметим еще очерк Бера, посвященный Доминику Франсуа Араго, астроному и физика, хорошо известному, в частности, в России *. Очерк представляет собой авторскую запись речи на собрании по поводу открытия в 1879 г. статуи Араго в г. Перпиньяне. Основное внимание Бер уделит заслугам Араго (занимавшего с 1830 г. до своей смерти в 1853 г. не только пост директора Парижской обсерватории, но и должность неперменного секретаря Парижской академии наук) в деле организации французских научных исследований. Помимо своих открытий (магнетизм вращения; ряд явлений, связанных с поляризацией света) и изобретений (полярископ), Араго прославился и своим постоянным стимулирующим влиянием на французский ученый мир. Именно по указанию Араго У. Леверье начал свой анализ отклонений в движении Урана, приведший к открытию Нептуна; И. Физо и Л. Фуко произвели свой знаменитый опыт по измерению скорости света. Араго воспринимал науку как единое целое и понимал необходимость взаимодействия ее различных областей для научного прогресса. Все это делало Араго особенно близ-

⁷⁸ Bert P. Introduction.— Rev. sci., 1879, vol. 1, p. 2-3.

* Известно, например, что трехтомник «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» Араго в русском переводе [СПб., 1859—1861] были настольной книгой К. Э. Циолковского и в какой-то мере послужили одним из источников его идей об освоении космоса. Так же как и Бер, Араго совмещал научную, популяризаторскую (и историко-научную) и политическую деятельность. Он примыкал к оппозиции во время революций 1830 и 1848 гг., а после февральской революции 1848 г. возглавил морское министерство во Временном правительстве. Франция обязана ему перевооружением своего флота, произведенным именно в этот период.

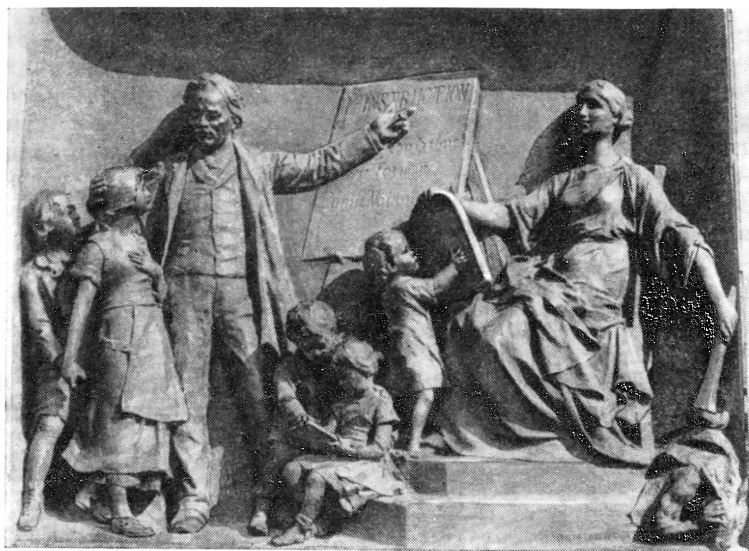


Памятник Полю Беру, г. Осер

ким Беру как исследователю, как организатору и историку науки ⁷⁹.

Хотя основные задачи, которые Бер ставил в плане организации науки, касались науки во Франции, ему не были чужды и международные аспекты интеграции науки. Можно сказать, что Бер стоял у колыбели первых международных научных конгрессов, которые начались как раз в 1850—1860 гг. — в период, названный современниками Бера «эрой конгрессов». Бер, всегда интересовавшийся вопросами организации науки и распространения процесса ее интеграции на международные сообщества ученых, принял участие в подготовке и проведении

⁷⁹ См.: *Bert P. François Arago*. — En: *Bert P. Leçons, discours et conférences*, p. 329-359.



Один из барельефов на основании памятника

ряда конгрессов, состоявшихся в Париже, и опубликовал впечатления, произведенные на него конгрессами по демографии⁸⁰ и гигиене⁸¹. В этих публикациях Бер отмечал большую роль и перспективность международных конгрессов с точки зрения пропаганды научных знаний и укрепления связей между учеными. Дальнейшая история науки и распространение практики научных конгрессов подтвердили предвидение Бера.

⁸⁰ См.: Bert P. Le congrès de démographie.— Rev. sci., 1880, vol. 2, p. 318—331.

⁸¹ Bert P. Le Congrès international d'hygiène de Paris.— Ibid., p. 397—405.

Даты жизни и деятельности Поля Бера

- 1833 19 октября родился в г. Осер (департамент Йонна).
- 1843 окончили начальную школу и поступил в коллеж г. Осер (ныне коллеж им. Поля Бера).
- 1852 переехал в Париж и стал студентом коллежа Сен-Бербе. Подготовился и поступил в Политехническую школу Парижа.
- 1853—1854 перешел на юридический факультет Парижского университета.
- 1857 защитил лицензиат (первая ученая степень во Франции) на тему «Брачные договоры во Франции» и получил звание адвоката. По рекомендации врачей отдыхал в Алжире, занимался сбором зоологических и ботанических коллекций.
- 1857—1858 работал секретарем у видного адвоката в Осере. После разрыва с отцом уехал в Париж, где поступил на медицинский факультет Сорбонны.
- 1860 познакомился с видными биологами Франции — Пьером Гратиолом и Анри Мильн-Эдвардсом. Участь в Сорбонне, работал «на общественных началах» в Парижском музее естественной истории. Встретился с Клодом Бернаром. Сдал экзамен на степень лицензиата естественных наук.
- 1863 осень защитил диссертацию на тему «О пересадке тканей у животных» и получил степень доктора медицинских наук.
- 1863—1866 работал препаратором в лаборатории Клода Бернара в Коллеж де Франс.
- 1865 выход в свет «Определителя позвоночных животных департамента Йонна», над которым начал работать еще в 1857 г. Женитьба на Жозефине Клейтон.
- 1866 защитил диссертацию на тему «О жизнеспособности животных тканей» и получил звание доктора естественной истории.
- 1866—1869 публикация двух экспериментальных работ по движению мимозы.
- 1867—1868 переехал в Бордо, где после кончины П. Флуранса возглавил кафедру сравнительной физиологии животных на факультете естественных наук.
- 1868 весна, возвратился в Париж и читал общий курс физиологии в Сорбонне.
- 1869 весна, начало экспериментальных исследований по барофизиологии.
- 1869 13 декабря лекция «О влиянии барометрического давления на живые существа» в Парижской обсерватории — итог первых результатов исследований.

- 1870 17 марта вступил в должность заведующего кафедрой физиологии в Сорбонне, которую ему уступил Клод Бернар.
- 1870 издание в Париже «Лекций по сравнительной физиологии дыхания», активное участие в организации обороны северного района Франции; префект национальной обороны департамента Нор. Член муниципального совета г. Осер.
- 1873 17 и 26 февраля сделал сообщения в Институте Франции о токсических свойствах кислорода («эффект Поля Бера»).
- 1873—1875 был правительственным консультантом по обеспечению и организации полета аэростата «Зенит».
- 1875 15 апреля гибель аэростата «Зенит».
- 1875 получил большой приз Сорбонны за исследования в области барофизиологии.
- 1878 издание «Барометрического давления» в Париже. Стал лауреатом главного приза Эдинбургского университета за исследования в области терапии.
- 1878 избрание председателем Биологического общества Франции.
- 1879 подготовил Проект о женском среднем образовании во Франции.
- 1881 избрание членом Института Франции. Выход в свет полемической книги «Мораль иезуитов», где выступал за отделение школы от религии.
- 1881 14 ноября вошел в правительство Гамбетты.
- 1882 26 января стал министром народного образования Франции.
- 1886, 7 февраля выступил с речью по случаю открытия памятника Клоду Бернару в Коллеж де Франс.
- 1886, 11 ноября скончался в г. Ханое.

Научные работы Поля Бера

Общая и экспериментальная биология (зоология, ботаника)

Трансплантация и регенерация у животных

- De la greffe animale: Thèse de médecine. Paris, 1863.
De la greffe animale.— In: Prix de physiologie, Paris, 1865.
Expériences de greffe animale.— Mém. soc. biol. (C. r.), 1865, vol. 1, p. 172-177.
Expériences et considérations sur la greffe animale.— J. natur. Robin, 1864, vol. 1, p. 69-87.
Greffe animale.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1866, vol. 2, p. 200.
Greffe animale.— Ibid., 1863, vol. 5, p. 3-5, 20-22.
Greffe animale par approche.— L'Institut, 1862, vol. 30, p. 189.
Greffe animale; rétablissement de la circulation de la sensibilité en sens inverse de leur cours normal.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1863, vol. 5, p. 179-182.
Note sur la greffe animale.— Bull. Soc. sci. Auxerre, 1864, vol. 18, p. LXXIX-LXXXI.
Note sur quelques faits nouveaux de greffe animale.— C. r., 1865, vol. 61, p. 908-911.
Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissus animaux.— Ann. sci. natur. Sér. zool., 1866, vol. 5.
Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissus animaux: Thèse doct. sci. natur. Paris, 1866.
Régénération des nerfs pneumogastriques.— Bull. biol., 1885, p. 100.
Reproduction de l'extrémité caudale enlevée chez des poissons osseux.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1863, vol. 5, p. 100-101.
Reproductions des parties enlevées chez certains animaux.— Bull. Soc. philomath., 1863.
Soudure cutanée entre deux animaux d'espèces différentes.— Bull. biol., 1863.
Sur la reproduction de parties enlevées chez les annélides.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. XXII.

- Catalogue des animaux vertébrés de l'Yonne.— Bull. Soc. sci., Auxerre, 1864, vol. 18, p. 7-149.
- Catalogue méthodique des animaux vertébrés qui vivent à l'état sauvage dans le département de l'Yonne, avec la clef des genres et la diagnose des espèces. Paris: Masson, 1864.
- Coloration du lézard vert.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 523.
- De la pisciculture dans le département de l'Yonne.— Bull. Soc. sci. Auxerre, 1871 (2^e partie), vol. 25, p. 3-8.
- Eléments de Zoologie / Avec P. Blanchard. Paris: Masson, 1886.
- Mésures prises sur un jeune gorille en chair.— Soc. Sci. phys. et natur. Bordeaux, 1868.
- Note sur la présence dans la plan des Holothuries d'une matière insoluble dans la potasse caustique et l'acide chlorhydrique concentré.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1866, vol. 4, cah. 2, p. 73-74.
- Note sur la présence de l'Amphioxus lanceolatus dans le Bassin d'Arcachon et sur ses spermatozoides.— Ibid., 1866, p. 55-58; 1867, vol. 5, p. XV—XVII.
- Note sur la résistance considérable que présentent les animaux nouveaux-nés à l'action de certains poissons.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1870, vol. 1, p. 263-264.
- Note sur les changements de couleurs du caméléon.— Ibid., 1875, vol. 1, p. 319-321.
- Observations diverses sur la vie des Chrysalides et du Bombyx du mûrier.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 531-532.
- Observations relatives à l'anatomie du Phoque (*Phoca vitulina* L.).— L'Institut, 1862, vol. 30, p. 217-218.
- Premières notions de Zoologie. Paris: Masson, 1886.
- Sur la membrane du vol du Phalanger volant (*Didelphus petaurus* Shaw).— Bull. Soc. philomath., 1866, vol. 3, p. 7-8.
- Sur le ganglion nerveux thoracique des araignées.— Bull. biol., 1878.
- Sur le mécanisme et les causes de changements de couleurs chez le caméléon.— C. r., 1875, vol. 81, p. 938-944; Ann. mag. natur. hist., 1876, vol. 17, p. 97-99.
- Sur les affinités de la classe des Oiseaux avec celle de Reptiles vrais.— Mém. soc. biol. (C. r.), 1866, vol. 2, p. 114-122.
- Sur les appendices dorsaux des Colis-Bordeaux.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. XXII.
- Sur quelques points de l'anatomie du Fou de Basasn (*Sula bassana* Briss.).— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1866, vol. 2, p. 122-125.
- Sur quelques points de l'anatomie du système vasculaire chez le phoque.— Ibid., 1863, vol. 5, p. 18-20.
- Système nerveux de la patelle.— L'Institut, 1862, vol. 30, p. 385-386.

Локомоция

- Notes diverses sur la locomotion chez plusieurs espèces animales.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1866, vol. 4, cah. 2, p. 59-72.
- Sur la locomotion chez plusieurs espèces animales: Mammifères, oiseaux, insectes, poissons.— Soc. sci. phys. et natur. Bordeaux, 1867, vol. 5.
- Sur la prétendue action des crochets des ailes des papillons nocturnes.— Bull. biol., 1873.

Sur le mécanisme de la projection de la langue chez le caméléon.— Ibid., 1874.

Эмбриология и тератология

Insuffisance du péricarde observée chez un chien bien portant.— Bull. biol., 1866.

Note sur deux poulets déradelphe.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1863, vol. 5, p. 23-26.

Note sur un monstre double autositaire de la famille des monosomiens (Js. Geoffrois Saint Hilaire).— Ibid., p. 132-137.

Note sur un poulet monstrueux.— Bull. Soc. Sci. Auxerre, 1864, vol. 28, p. XLIX-LI.

Oeufs complets inclus dans un autre oeuf complet.— L'Institut, 1862, vol. 30, p. 42-43.

Sur le développement à l'air libre des oeufs de grenouille.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 23-24.

Sur le monstre pygopage connu sous le nom de Millie-Christine.— Bull. Soc. anthropol., 1873, vol. 8, p. 874-879, 889-892, 897-898.

Sur les hommes à queue.— Bull. Soc. anthropol., 1864, vol. 7, p. 711-718.

Sur un cas de monstruosité triple.— Bull. Soc. philomath., 1863.

Sur une monstruosité présentée par une patelle.— Ibid., 1864.

Питание и обмен веществ

Présence du sucre dans l'urine après l'accouchement chez une chèvre privée de mamelles.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 35, p. 193-194.

Sur l'absorption par la vessie.— Bull. biol., 1869.

Sur les calculs phopshatiques fournis par une nourriture exclusivement végétale.— Ibid., 1878.

Sur les phases horaires de l'urée; sur les variations de l'urée en rapports entre la richesse de l'urine en urée et sa coloration.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 5, p. 255-257.

Sur les variations de l'urée en rapport avec la nourriture.— Bull. biol., 1878.

Sur l'origine du sucre de lait.— C. r., 1884, vol. 98, p. 775-777.

Восприятие света и цвета

Influence de la lumière sur les êtres vivants.— Rev. sci., 1878, vol. 14, p. 981-990.

Influence des lésions du cerveau sur les appareils de coloration des axolotes.— Ibid.

Les animaux voient-ils les mêmes rayons lumineux que nous? — Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1868, vol. 6, p. 375-383; Arch. physiol., 1869, vol. 2, p. 547-554; Mém. Soc. biol. (C. r.), 1870, vol. 1, p. 247-248.

Les longueurs des ondes lumineuses et les actions chimiques / Avec P. Regnard.— Ibid., 1882, vol. 3, p. 38-39.

Observations sur les causes des changements de couleur chez le caméléon, et sur l'action de la lumière sur sa coloration.— Ibid., 1876, vol. 2, p. 349-352.

- Sur la visibilité des divers rayons du spectre pour les animaux.— C. r., 1869, vol. 69, p. 365; Mém. Soc. biol. (C. r.), 1873, vol. 3, p. 69-71, 369; J. anat. Robin, 1871, vol. 7, p. 545-546.
- Sur la visibilité des divers rayons lumineux par les animaux inférieurs.— Bull. Soc. philomath., 1871, vol. 7, p. 230-231.
- Sur les erreurs d'imitation des couleurs quand on les regarde à travers un milieu coloré.— Bull. biol., 1878.

Иммунология

- Inoculation sans résultat des salives parotidiennes, sous-maxillaire et sous-linguale et avec résultat de la sécrétion pulmonaire des chiens enragés.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 5, p. 49-50.
- Sur la non-réceptivité de certains organismes pour certaines maladies contagieuses / Avec Capitan.— Ibid., 1884, vol. 35, p. 521-522.
- Sur l'immunité pour la choléra des ouvriers qui travaillent le mercure.— Ibid., p. 519.

Физиология растений

- Faits relatifs à l'influence de la lumière sur la sensitive.— Bull. Soc. philomath., 1869, vol. 6, p. 53-55.
- Influence de la lumière verte sur la sensitive.— C. r., 1870, vol. 70, p. 338-340.
- Influence des diverses couleurs sur la végétation.— Ibid., 1871, vol. 73, p. 1444-1447.
- Note sur la germination des amandes amères.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 576.
- Note sur les faisceaux ligneux des Fougères.— l'Institut, 1859, vol. 27, p. 267.
- Recherches sur les mouvements de la sensitive (*Mimosa pudica*, Linn.).— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1866, vol. 4, cah. 2, p. 11-46; 1870, vol. 8, p. 1-58; C. r., 1867, vol. 65, p. 177-179; J. anat. Robin, 1867, vol. 4, 534-552; Arch. sci. phys. et natur., 1872, vol. 43, p. 287-288.
- Sur la cause intime des mouvements périodiques des fleurs et des feuilles et de l'héliotropisme.— C. r., 1878, vol. 87, p. 421-424.
- Sur la cause intime du sommeil des plantes et de l'héliotropisme.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 5, p. 250-255.
- Sur la présence des trachées dans la tige des Fougères.— C. r., 1869, vol. 68, p. 620.
- Sur la présence de vrais trachées dans les jeunes pousses de fougères.— Bull. Soc. philomath., 1859.
- Sur la région du spectre solaire indispensable à la vie végétale.— C. r., 1878, vol. 87, p. 695-697.
- Sur la réviviscence de la *Selaginella lepidophylla*.— Bull. biol., 1868.
- Sur la température comparée de la tige et du renflement moteur de la sensitive (*Mimosa pudica* L.).— C. r., 1869, vol. 69, p. 895-897.

Влияние барометрического давления

- Action de l'air comprimé sur l'organisme — au point de vue physico-mécanique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1877, vol. 3, p. 261-263.
- Action de l'oxyde de carbone à haute tension sur la contractilité musculaire.— Bull. biol., 1878.
- Composition de l'air confiné dans lequel meurent des animaux, quand cet air est comprimé à plusieurs atmosphères.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1873, vol. 3, p. 66-67.
- Conservation et vieillissement du vin par l'oxygène comprimé.— Ibid., 1875, vol. 1, p. 212.
- De la pression barométrique: Recherches de physiologie expérimentale.— Bull. Soc. anthropol., 1878, vol. 1, p. 13-16.
- De l'emploi de l'oxygène à haute tension comme procédé d'investigation physiologique: des venins et des virus.— C. r., 1877, vol. 84, p. 1130-1133; Moniteur sci., 1877, vol. 19, p. 684-686.
- Expériences sur les changements des liquides putrescibles ferments organisés et non-organisés, dans l'air libre et dans l'air comprimé.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1876, vol. 2, p. 4-5, 20—21.
- Influence de l'air comprimé sur les fermentations.— C. r., 1875, vol. 80, p. 1579-1582; Ann. chim., 1876, vol. 7, 145-155.
- Influence des changements considérables de la pression de l'air sur les êtres vivants.— J. pharm., 1876, vol. 24, p. 449-454.
- Influence des hautes pressions sur les poissons.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1874, vol. 5, p. 160-161.
- La pression de l'air et les êtres vivants.— Rev. sci., 1876, vol. 11, p. 49-55.
- Observations sur une note de M. d'Arradie relative au mal des montagnes.— C. r., 1883, vol. 97, p. 133.
- Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie. 13^e Note.— Ibid., 1874, vol. 78, p. 911-914; Ann. sci. natur. Sér. zool., 1874, vol. 20.
- Sur les causes de la mort des animaux soumis à des pressions différentes de la pression atmosphérique.— Bull. Soc. philomath., 1872, vol. 8, p. 96-98.
- Sur l'influence des modifications dans la pression atmosphérique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1874, vol. 5, p. 27-29.

*Физиология дыхания и кровообращения
в связи с барометрическим давлением*

- Changement de pression de l'air dans la poitrine pendant les deux temps de l'acte respiratoire.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 22-23.
- De la quantité d'oxygène que peut absorber le sang aux diverses pressions barométriques.— C. r., 1875, vol. 80, p. 733-736.
- Sur la capacité du sang pour l'oxygène aux diverses pressions barométriques.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1874, vol. 5, p. 372.
- Sur la capacité respiratoire du sang des animaux habitant les hautes plateaux de l'Amérique de Sud.— Ibid., 1882, vol. 34, p. 95-97.

- Sur la composition de l'air confiné soumis à diverses pressions, dans lequel sont morts asphyxies des oiseaux.— Bull. Soc. philomath., 1872, vol. 8, p. 1-3.
- Sur la composition des gas du sang chez les animaux soumis à une pression moindre que la pression atmosphérique.— Bull. Soc. philomath., 1870.
- Sur la diminution de pression qui se fait dans les poumons pendant l'inspiration et sur la compression pendant l'expiration.— Bull. biol., 1868.
- Sur la richesse en hémoglobine du sang des animaux vivant sur les hauts lieux.— C. r., 1882, vol. 94, p. 805-807.
- Sur le sang dont la virulence résiste à l'action de l'oxygène comprimé et à celle de l'alcool.— Ibid., 1877, vol. 85, p. 293-295.
- Sur l'oxygène et les services que ce gaz peut rendre aux aéronautes.— Soc. navig. aér., 1874, 25 mars.

*Физиология дыхания
и кровообращения*

- Asphyxie dans une atmosphère confinée des vertébrés à respiration aérienne.— Bull. Soc. philomath., 1869.
- De la contractilité des poumons: Des rapports du nerf pneumogastrique avec la respiration. D'une cause non encore signalée de mort subite.— C. r., 1869, vol. 69, p. 535-538.
- De l'action de l'oxygène sur les éléments anatomiques.— Ibid., 1878, vol. 86, p. 546-547.
- De la formation d'acide acétique et de la formation probable de l'alcool par les cellules animales maintebues dans un état anaérobique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 5, p. 234-236.
- De la prétendue influence de l'intensité des phénomènes respiratoires.— Bull. biol., 1868.
- De la quantité des gaz contenus dans le sang.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1874, vol. 5, p. 36-37.
- De l'influence de la quantité d'oxygène sur la coagulation du sang.— Ibid., p. 21-22.
- Des mammifères plongés dans l'eau attirent-ils le liquide par aspiration dans leurs poumons? — Bull. Soc. philomath., 1864.
- Des mouvements respiratoires chez les Batraciens et le Reptiles.— J. anat. Robin, 1869, vol. 6, p. 113-139.
- Différences présentées par l'asphyxie dans l'acide carbonique et dans l'azote par des mammifères nouveau-nés.— Bull. Soc. philomath., 1864.
- Effets de l'injection de la glycose dans le sang.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1877, vol. 3, p. 173-175.
- Expériences physiologiques sur la respiration.— Bull. Soc. sci. Auxerre, 1868, vol. 22, p. XXIX-XXXII, XLVI-XLVIII.
- Exposé de nouvelles recherches sur le sang de rate.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1877, vol. 3, p. 380-381.
- Notes pour servir à l'histoire de l'asphyxie.— Ibid., 1865, vol. 1, p. 162-172.
- Notes pour servir à l'histoire de l'asphyxie.— Ibid., 1863, vol. 5, p. 206-210.

- Note sur un signe certain de la mort prochaine chez les chiens soumis à une hémorrhagie rapide.— Mem. Soc. sci. Bordeaux, 1866, vol. 4, cah. 2, p. 75-81.
- Rapport de la taille des animaux avec le nombre de leurs mouvements respiratoires.— Ibid., 1869, vol. 5, p. 43-45.
- Richesse en oxygène de sang artériels d'animaux de même espèce soumis à des conditions différentes, ou d'animaux d'espèces différentes soumis aux mêmes conditions.— Ibid., p. 11-13,
- Résistance à l'asphyxie des animaux à sang chaud, nouveau-nés.— Bull. soc. philomath., 1864.
- Résistance à l'asphyxie par submersion de diverses espèces d'animaux à sang chaud.— Ibid., 1864.
- Réspiration des différents tissus d'un même animal ou d'un même tissu d'animaux différents.— Bull. biol., 1868.
- Sur la respiration des jeunes hippocampes dans l'oeuf.— Soc. sci. phys. et natur. Bordeaux, 1867, vol. 5.
- Sur l'élasticité et la contractivité pulmonaire; sur les rapports de celle-ci avec les nerfs pneumogastriques.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 55-56.
- Sur l'élasticité pulmonaire.— Bull. biol., 1884, p. 333.
- Sur le mouvement imprimé aux côtes par le diaphragme.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 21-22.
- Sur le sang de divers animaux invertébrés.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. XXII-XXIII.
- Sur les mouvements respiratoires de animaux vertébrés ovipares, étudiés particulièrement à l'aide de l'enregistreur Marey.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 26-32.
- Sur l'état dans lequel se trouve l'acide carbonique du sang et de tissus.— C. r., 1878, vol. 87, p. 628-630; J. pharm., 1879, vol. 29, p. 511-514.
- Sur l'œdème consécutif à l'oblitération d'une veine.— Bull. Soc. philomath., 1870.

Влияние обогащенной кислородом воды

- Action de l'eau oxygénée sur le sang.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 537-538.
- Action de l'eau oxygénée sur les matières organiques et les fermentations.— C. r., 1882, vol. 94, p. 1383-1386; J. pharm., 1882, vol. 6, p. 14-17.
- Eau oxygénée en thérapeutique.— Bull. biol., 1883, p. 157.
- Eau oxygénée et virus morveux.— Ibid., p. 161.
- Influence de l'eau oxygénée sur les virus et les venins / Avec P. Regnard.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1882, vol. 34, p. 736-738.
- Observations sur un mémoire de MM. Péan et Baldy relatif à l'emploi de l'eau oxygénée en chirurgie.— C. r., 1882, vol. 95, p. 51.
- Production d'alcool dans les fruits sous l'influence de l'eau oxygénée.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 462-463.
- Sur la décomposition de l'eau oxygénée par la fibrine.— Ibid., 1882, vol. 34, p. 738-740.
- Sur l'emploi de l'eau oxygénée en thérapeutique.— Ibid., 1884, vol. 35, p. 157-161.
- Transformation des substances albuminoïdes en albumineuses sous l'influence de l'eau oxygénée.— Ibid., p. 133-135.

- Action du système nerveux sur les vaisseaux lymphatiques / Avec Laffont.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1882, vol. 34, p. 188-189.
- Des effets de l'excitation du nerf pneumogastrique, du nerf laryngé supérieur et du nerf nasal sur la respiration.— Arch. physiol., 1869, vol. 2, p. 179-196, 322-329.
- Effets de la section et de la galvanisation des nerfs pneumogastriques chez les oiseaux.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 39-41.
- Étude sur la distribution des racines motrices du plexus lombaires dans les muscles du membre inférieur / Avec. A. Marcaeci.— Ibid., 1882, vol. 3, p. 267-269.
- Influence du système nerveux sur les vaisseaux lymphatiques / Avec Laffont.— C. r., 1882, vol. 94, p. 739-742.
- L'arrachement du pneumogastrique dans le crâne n'arrête pas la respiration.— Bull. biol., 1868.
- Observations à propos des expériences sur les décapités.— C. r., 1885, vol. 101, p. 272-273.
- Propriété de transmission des nerfs sensitifs.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1877, vol. 3, p. 387-388.
- Sur la régénération des nerfs pneumogastriques.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 100.
- Sur la transmission des excitations dans les nerfs de sensibilité.— C. r., 1877, vol. 84, p. 173-175.
- Sur le tic ou chorée des chiens.— Bull. Soc. philomath., 1874, vol. 7, p. 88-91.
- Sur l'innervation du diaphragme chez le chien.— Bull. biol., 1868.

Сравнительная физиология

- Ablation chez un axolotl des branchies et des poumons.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 20-21.
- Animaux d'eau douce dans l'eau de mer.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 525-526.
- Animaux d'eau douce dans l'eau dessalée et dans l'eau sursalée.— Bull. biol., 1885, p. 525.
- Caméléon, observation physiologique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1875, vol. 1, p. 31-33.
- Expériences sur le changement de couleur chez caméléon privé de la vue de l'un ou de deux côtés.— Ibid., 1876, vol. 2, p. 310-311.
- Hibernation artificielle des lérots (Glires) dans une atmosphère longtemps appanvrie en oxygène.— Ibid., 1869, vol. 5, p. 13.
- Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris, 1870.
- Mémoire sur la physiologie de la seiche (*Sepia officinalis* Linn.)— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. 115-138; C. r., 1867, vol. 65, p. 300-303; Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 4, p. 127-131.
- Note sur la mort des poissons de mer dans l'eau douce.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1866, vol. 4, cah. 2, p. 47-49; 1867, vol. 5, p. 185-188; Ann. sci. natur. Sér. zool., 1867, vol. 7, p. 369-371.
- Note sur quelques points de la physiologie de la Lamproie (*Petromyzon marinus* L.).— Ibid., p. 82-84, 371-373.
- Observations sur la respiration du Bombyx du mûrier à ses différents états.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 528-530.

- Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissus animaux.— Ann. sci. natur. Sér. zool., 1866, vol. 5, p. 123-218; J. anat. Robin, 1866, vol. 3, p. 417-440.
- Recherches sur la respiration des poissons.— Ibid., 1870, vol. 1, p. 330-331.
- Respiration cutanée des Batraciens dans l'eau.— Bull. Soc. philomath., 1864.
- Sur l'Amphioxus.— C. r., 1867, vol. 65, p. 364-367; Ann. mag. natur. hist., 1867, vol. 20, p. 302-304; Mem. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 4, p. 17-22.
- Sur la quantité de sang et d'oxygène contenue dans le corps d'un marsouin: comparaison avec le chien.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 5, p. 279-281.
- Sur la raison par laquelle certains poissons vivent plus longtemps à l'air que certains autres.— Ibid., 1869, p. 49-51.
- Sur la rôle de la membrane nictitante des oiseaux.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 532.
- Sur le sang de divers animaux invertébrés.— Soc. sci. phys. et natur. Bordeaux, 1867, vol. 5.
- Sur les différences dans la résistance à l'asphyxie que présentent divers animaux.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1869, vol. 5, p. 186-189.
- Sur les phénomènes et les causes de la mort des animaux d'eau douce que l'on plonge dans l'eau de mer.— C. r., 1871, vol. 73, p. 382-385, 464-467; Mém. Soc. biol. (C. r.), 1873, vol. 3, p. 59-61.
- Sur l'influence prétendue de l'électrisation avec des courants continus sur le développement des animaux.— Ibid., 1870, vol. 1, p. 244-246.

*Физиологическая термометрия
и влияние температуры на живые организмы*

- Influence de la chaleur sur les animaux supérieurs.— Bull. biol., 1876.
- La rigidité cadavérique.— Ibid., 1885, p. 522.
- Note sur quelques phénomènes du refroidissement rapide.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 567-570.
- Sur la mort des animaux à sang froid par l'action de la chaleur.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. XXII.
- Sur la nature de la rigidité cadavérique.— Bull. biol., 1881.
- Sur la thermométrie crânienne.— Ibid., 1879.
- Sur l'influence de la chaleur sur les animaux inférieurs.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1877, vol. 3, p. 168-169.

Медико-токсикологические исследования

Анестезиология

- Action de l'éther et du protoxyde d'azote sur les marguerites.— Bull. biol., 1879, p. 195.
- Anesthésie par l'éther.— Ibid., 1883, 4 août.
- Anesthésie par le protoxyde d'azote.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 1, p. 19-21.
- Anesthésie par le protoxyde d'azote employé sous tension.— Ibid., vol. 5, p. 152-153.

- Anesthésie par le protoxyde d'azote mélangé d'oxygène et employé sous pression.— C. r., 1879, vol. 89, p. 132-135.
- Anesthésie prolongée obtenue par le protoxyde d'azote à la pression normale.— Ibid., 1883, vol. 96, p. 1271-1274; J. pharm., 1883, vol. 8, p. 102-103.
- Application à l'homme de la méthode d'anesthésie chloroformique par les mélanges titres.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 35, p. 665-669; 1884, vol. 36, p. 7-9.
- Chloroforme à dose dosimétrique du Dr. Peyraud.— Bull. biol., 1883, 15 déc.
- Chloroforme impur.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 36, p. 524-525.
- De l'emploi du protoxyde d'azote dans les opérations chirurgicales de longue durée.— Progrès méd., 1880, 28 févr.
- Du protoxyde d'azote sous tension; son action à doses anesthésiques ne s'étend pas sur le système nerveux sympathique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1880, vol. 4, p. 233-234.
- Etude analytique de l'anesthésie, par les mélanges titrés de chloroforme et d'air.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 442-445.
- Faits sur le protoxyde d'azote.— Ibid., 1885, p. 520-521.
- Intoxication chronique par le chloroforme.— Bull. biol., 1885, 8 août, p. 571.
- L'anesthésie par la méthode des mélanges titrés de vapeurs et d'air; son application à l'homme pour les vapeurs de chloroforme.— C. r., 1884, vol. 98, p. 63-69, 124-126, 265-272.
- Méthode d'anesthésie prolongée par des mélanges doses d'air et de vapeur de chloroforme.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 35, p. 409.
- Note sur l'action élémentaire des anesthésiques (éther et chloroforme) et sur la période d'excitation qui accompagne leur administration.— Mém. soc. sci. Bordeaux, 1886, vol. 4, cah. 2, p. 50-54.
- Observations à propos de la communication de M. Aubeau, relative aux mélanges titrés de chloroforme et d'air.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 36, p. 422-423.
- Résultats d'une opération sur l'homme (anesthésie par le protoxyde d'azote).— Bull. biol., 1879, 29 mars.
- Sur l'action des mélanges d'air et de vapeur de chloroforme, et sur un nouveau procédé d'anesthésie.— C. r., 1883, vol. 96, p. 1834; J. pharm., 1883, vol. 8, p. 103-106.
- Sur la mort par l'action des mélanges d'air et de vapeurs de chloroforme.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 35, p. 241-242.
- Sur l'anesthésie par l'éther.— Ibid., 1884, p. 522-523.
- Sur l'anesthésie: réponse aux observations de M. Gosselin et de M. Ticher.— C. r., 1884, vol. 98, p. 124, 265.
- Sur la non-accumulation du chloroforme dans l'organisme après l'anesthésie complète.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 36, p. 454-456.
- Sur la prétendue période d'excitation de l'empoisonnement des animaux par le chloroforme ou par l'éther.— C. r., 1867, vol. 64, p. 622-625.
- Sur la possibilité d'obtenir, à l'aide du protoxyde d'azote, une insensibilité de longue durée, et sur l'innocuité de cet anesthésique.— Ibid., 1878, vol. 87, p. 728-730.
- Sur la zone maniable des agents anesthésiques, et sur un nouveau procédé de chloroformisation.— Ibid., 1881, vol. 93, p. 768-771; J. pharm., 1882, vol. 5, p. 16-19.

Sur le chloroforme.— Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1867, vol. 5, p. IX-X.
 Sur les mélanges titrés d'éther et d'air.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1884, vol. 36, p. 120-121.
 Sur une autre méthode d'anesthésie chloroformique.— Ibid., 1884, p. 9-11.

Токсикология и микробиология

Action de l'acide phénique sur le curare et la strychnine en dissolution.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1866, vol. 2, p. 155-156.
 Action de l'oxyde de carbone sur le muscle.— Ibid., 1880, vol. 5, p. 232-233.
 Conservation dans l'alcool de l'action virulente du sang chargé de corpuscules reproducteurs des vibrioniens charbonneux.— Bull. biol., 1878.
 Contributions à l'étude des venins.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1866, vol. 2, p. 136-139.
 Influence de divers sels sur le développement du microbe de la morve / Avec Capitan.— Ibid., 1884, vol. 35, p. 519-522.
 Innocuité du grisou.— Ibid., 1885, vol. 37, p. 523.
 Intoxication chronique par le chloroforme.— Ibid., p. 571-574.
 Note sur l'action de la cocaïne sur la peau.— Ibid., p. 31-32.
 Observations faites sur un chien curare.— Arch. physiol., 1869, vol. 2, p. 650-651.
 Recherches sur l'action physiologique de l'acide phénique / Avec Jolyet.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1870, vol. 1, p. 194-195.
 Recherches sur l'action toxique de l'acide phénique.— Ibid., 1872, vol. 3, p. 63-88.
 Séparation des sels se strychnine à l'aide de l'acide phénique.— Ibid., 1867, p. 45-46.
 Sur la conservation des propriétés virulentes de certains sangs charbonneux après un séjour soit dans l'oxygène, soit dans l'alcool.— Bull. biol., 1876.
 Sur la mort dans l'air confiné, sans l'intervention de l'acide carbonique.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1874, vol. 5, p. 159-160.
 Sur l'asphyxie dans l'air confiné.— Ibid., p. 158.
 Sur l'empoisonnement par l'acide carbonique.— Ibid., p. 156-158.
 Sur le sang dont la virulence résiste à l'action de l'oxygène et à celle de l'alcool.— C. r., 1877.
 Sur l'origine du virus rabique.— Bull. biol., 1878.
 Sur l'origine de la rage.— Ibid., 1882, vol. 95, p. 1253.
 Sur vie d'un chien après un empoisonnement par le curare et une respiration artificielle prolongée pendant 39 heures.— Ibid., 1868-1879
 Venin cutané de la grenouille (*Rana viridis*).— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1885, vol. 37, p. 544.
 Venin du scorpion.— Ibid., p. 574-575.

Разное

Contribution à l'étude de la rage.— C. r., 1882, vol. 95, p. 1253-1254.
 Microphone et téléphone pour faire entendre les sourds.— Bull. biol., 1879, p. 264.

- Note sur les tribus qui habitent le Gabon.— Bull. Soc. géogr., 1863, vol. 5, p. 185-188.
 Sur la nature du charbon.— Mém. Soc. biol. (C. r.), 1879, vol. 4, p. 317-318.
 Sur la question de la surdi-mutité dans ses rapports avec la consanguinité.— Soc. méd. Yvonne, 1864.
 Sur le siège du Scotome scintillant.— Bull. biol., 1882, p. 571.
 Sur l'origine des puits naturelles.— Bull. Soc. anthropol., 1861, vol. 2, p. 526-534.
 Sur un appareil microphonique recueillant la parole à distance / Avec J. d'Arsonval. C. r., 1880, vol. 90, p. 585-587.
 Tentatives de faire reproduire par l'hérédité certaines lésion chirurgicales.— Ibid., 1870, 29 janv.

*Научно-популярные работы,
учебные пособия и очерки*

- Anatomie et physiologie animales. Paris: Masson, 1885.
 Deuxième année d'Enseignement scientifique. Paris: A. Colin, 1886.
 Eléments de géométrie expérimentale. Paris: Delagrave, s. a.
 La machine humaine. Paris: Hachette, 1867.
 Leçons de Physiologie professées à la Sorbonne. Paris: Masson, s. a.
 Lectures et leçons de choses. Paris: Picard-Bernheim, 1887.
 Lectures sur l'histoire naturelle des animaux.— Paris: Hachette, 1883.
 Première année d'Enseignement scientifique. Paris: A. Colin, 1885.

**Работы П. Бера
в русском переводе**

- Божий мир в беседах и картинках. Человек. Животные. Растения. Минералы. Обыкновенные явления: Начальные уроки мироведения. Год приготовительный / Пер. под ред. Е. Чиждова. М.: Посредник, 1896.
 То же. 2-е изд., 1898.
 То же. 3-е изд., 1900.
 То же. 4-е изд., 1902.
 То же. 5-е изд., 1903.
 То же. 6-е изд., 1905.
 То же. 7-е изд., 1907.
 То же. 8-е изд., 1909.
 То же. 9-е изд., 1911.
 То же. 10-е изд., 1913.
 Божий мир в беседах и картинках: Начальные уроки мироведения. Год второй / Переделано с франц. Е. И. Чиждовым. Вып. 1-2. М.: Тип. Т-ва И. Д. Сытина, 1899-1900.
 То же. 2-е изд. М.: Посредник, 1902-1903.
 То же. 3-е изд., 1904-1905.
 То же. 4-е изд., 1907-1908.
 То же. 5-е изд., 1908-1910.
 То же. 6-е изд., 1910-1916.
 Лекции по зоологии (анатомия и физиология) / Пер. Л. Н. Симонова; Предисл. И. Р. Тарханова. СПб.: И. И. Билибин, 1882.
 То же. 2-е изд. / Под ред. и с предисл. М. А. Мензбира, 1891.

То же. 3-е изд., 1897.

То же. 4-е изд., 1904.

Мироведение. Год первый. Человек. Животные. Растения. Минералы: Первоначальные понятия по физике и химии. Беседы и картинки / Пер. А. П. Татариновой. М., 1903.

Начатки опытной геометрии в приложении к измерению линий поверхностей и тел / Пер. Е. В., Л. Л., И. С.; Под ред. и с предисл. Ал. Гатлиха. М., 1910.

То же. 2-е изд., 1912.

То же. 3-е изд., 1915.

О влиянии высокого давления на животный организм / Пер. Н. А. Есипова. Кронштадт, 1907.

О влиянии повышенного барометрического давления на животный и растительный организмы / Пер. В. П. Аннина. 2-е изд., испр. и доп. Пг., 1916.

Очерк зоологии, переделанный с французского учебника Поля Бера для русских детей и школ Николаем Вагнером. СПб., 1883.

То же. 2-е изд., 1889.

Первые беседы с детьми о животных / Пер. М. Миров. М., 1898.

Первые понятия о зоологии / Пер. под ред. И. И. Мечникова. СПб.: Ф. Павленков, 1883. [К переводу присоединено три дополнительных очерка А. К. Попова: «Развитие животного мира», «Общественная жизнь животных» и «Великая роль ничтожных созданий».]

То же. 2-е испр. изд., 1887.

То же. 3-е испр. изд., 1894.

То же. 4-е изд., 1900.

То же. 5-е изд., 1904.

Речь на похоронах Клода Бернара.— В кн.: Бернар К. Курс общей физиологии. Жизненные явления, общие животным и растениям: Лекции, читанные в Музее естественной истории в Париже / Пер. М. А. Антоновича. СПб.: И. И. Билибин, 1878, с. XVI-XX.

Оценка деятельности Поля Бера-ученого в научной периодике его времени

Brit. J. Dent. Sci., 1886, vol. 29, p. 1112-1114.

Leopoldina, 1886, vol. 22, p. 216.

C. r., 1886, vol. 103, p. 905-907.

Ateneo, 1886, vol. 2, p. 403-404.

Aeronaute, 1887, p. 13-14.

Act. Soc. Linn. Bordeaux, 1887, vol. 41, p. XXVIII-XXIX.

Mém. Soc. sci. Bordeaux, 1887, vol. 3, p. I-II.

Naturaliste, 1885-1887, vol. 3, p. 372.

Nature, 1887, vol. 35, p. 54.

Mém. Soc. biol., 1887, vol. 39, p. 14-24.

Mém. Soc. biol. (C. r.), 1887, vol. 41, p. 489-495.

Schweiz. Natf. Ges. Verh., 1886-1887, S. 111-112.

Termt. Közlön., 1887, Bd. 19, S. 501.

Lancet, 1886, vol. 2, p. 1004.

Работы о Поле Берт

- Regnard P.* Revue générale. «La pression barométrique». Travaux de m. Paul. Bert.— Rev. mensuelle méd. et chir., 1878, vol. 2, p. 205-215, 284-296.
- Depasse H.* Paul Bert (collection des célébrités contemporaines).— Paris, 1883.
- Berillon E.* L'oeuvre scientifique de Paul Bert. Paris: Auxerre, 1887.
- Duche E.* Notice biographique sur Paul Bert. Paris, 1887.
- Inauguration du buste de Paul Bert au Collège Paul Bert d'Auxerre le 13 juillet 1913. Auxerre, 1913.
- Ducloz J.* L'enfance et la jeunesse de Paul Bert.— Bull. Soc. sci. hist. et natur. Yvonne, 1924, vol. 78, p. 5-102.
- Dubreuil L.* Paul Bert. Paris: F. Alcan, 1935.
- Fulton J. F.* Forward to Paul Bert's «Barometric pressure: Researches in experimental physiology». Columbus, Oh.: College Book Co., 1943, p. V-IX.
- Ackerknecht E. H.* Paul Berts' triumph.— Bull. Hist. Med., 1944, Suppl. 3, p. 16-31.
- Seghers M. J., Longacre J. J.* Paul Bert and his animal grafts.— Plastic and Reconstr. Surg., 1964, vol. 33, p. 178-186.
- Jacobson J. H. II, Morsch J. H., Rendell-Baker L.* Clinical experience and implications of hyperbaric oxygenation: The historical perspective of hyperbaric therapy.— Ann. N. Y. Acad. Sci., 1965, vol. 117, Art. 2, p. 651-670.
- Mani N.* Paul Bert als Politiker, Pädagog und Begründer der Höhenphysiologie.— Gesnerus, 1966, Bd. 23, S. 109-116.
- Culotta Ch. A.* Theories of respiratory physiology from Lavoisier to Paul Bert: Thesis. S. l., 1968. В надзгар.: Univ. Wisconsin.
- Servettaz P. L.* Actualité de Paul Bert.— Rev. Physiol. Subaquatique, 1968, vol. 1, N 2.
- Servettaz P. L.* Essai biographique sur Paul Bert. Premier stage international d'enseignement de la médecine de la plongée. Cadzques le 23 Juin, 1968, S. l., s. a.
- Servettaz P. L.* Paul Bert.— Plongées, 1970, N 62.
- Dejours P.* Introduction to Paul Bert commemorative issue. One hundredth anniversary of the publication of «Leçons sur la physiologie comparé de respiration».— Resp. Phys., 1970, vol. 9, N 2, p. V-VIII.
- Mani N.* Paul Bert. Dictionary of Scientific Biography. New York, 1970, vol. 2, p. 59-63.
- Hitchcock F. A.* Paul Bert and the beginnings of aviation medicine.— Aerospace Med., 1971, vol. 42, p. 1101-1107.
- Keys T. E.* Dr. Paul Bert (1833-1886).— Anesth. Analg. Curr. Res., 1973, vol. 52, p. 437-438.
- Wrotnowska D.* Pasteur et Davaine: d'après des documents inédits.— Hist. Sci. méd., 1975-1976, vol. 9, p. 213-230.
- Kellogg R. H.* Paul Bert's hypoxia theory and its critics.— Resp. phys., 1978, vol. 34, p. 1-28.

Приложения

Из научного наследия Поля Бера

Общая физиология и жизненный принцип

Эта работа написана в переломный для деятельности Поля Бера 1869 год, когда он приступал к преподаванию своего нового курса в Сорбонне и к выполнению обширной программы своих исследований, связанных с барометрическим давлением и другими аспектами физиологии. Работа демонстрирует важнейшие принципы мировоззрения Бера как биолога, аргументированно отвергающего любую попытку обоснования теоретической биологии на каких-либо не поддающихся экспериментальному исследованию началах. Отвергает Бер и позитивистское обращение к «непознаваемому», лежащему в основе вещей. Позиция Бера в этом вопросе может быть охарактеризована как естественнонаучный материализм, а в методологическом плане — как рационализм с элементами системного подхода, противопоставляемого им редукционизму. Физиологический уровень организации Бер считал (справедливо, но вопреки бытовавшим тогда представлениям) несводимым к анатомическому. Следует при этом иметь в виду, что упреки Бера относятся к анатомии 60-х годов XIX в., еще не вполне выделившейся в самостоятельную дисциплину. Важное значение для развития представлений о целостности организма имеет отстаиваемая Бером, вслед за его учителем К. Бернаром (влияние физиологических идей которого ощутимо в статье), программа построения общей физиологии как экспериментально-теоретической дисциплины. Актуальными остаются идеи Бера об отношениях организма и среды, а также его мысль об элементарных (в конечном счете молекулярных) носителях жизни, каждый из которых в какой-то мере воспроизводит ее основные свойства,— мысль, нашедшая позднее подтверждение в успехах генетики и молекулярной биологии. В то же время Бер прибегает к механистической терминологии.

гии, когда говорит, например, о том, что организму свойственно лишь «кажущееся единство» (с. 214). Но эти недостатки в изложении лишь иллюстрируют тот трудный путь, которым мышление биологов дошло до категорий, представляющихся нам сегодня самоочевидными. Ограничивая себя физиологическим уровнем рассмотрения («физиолог не задается вопросом о сущности живой природы»), Бер наносит сильные удары по влиятельному в его время витализму: он доказывает принципиальную несовместимость этого учения с законом сохранения и превращения материи и энергии. Помещенный ниже текст¹ представляет собой вступительную лекцию, прочитанную 18 января 1869 г. на факультете естественных наук Парижского университета.

«Господа,

Наука, курс которой я буду иметь честь вам здесь преподавать, носит название физиология — от греческих слов *physis* (природа) и *logos* (учение) — иными словами, это учение о природе (подразумевается природа живых существ).

В философии древних слово «природа» употреблялось в двух основных значениях, различие между которыми средневековые авторы выразили варварскими выражениями *natura naturans* (природа производящая) и *natura naturata* (природа произведенная). Одно из крупнейших достижений современной науки, и в особенности физиологии, заключается в том, что она почтительнейше отделила область материи, служащую объектом ее исследований, от тех возвышенных и туманных сфер, где прячется от наших глаз и даже от нашего духа *natura naturans*. Одним словом, наука занялась исключительно констатацией фактов и синтетическим исследованием законов, необходимым и неизбежным выражением которых служат эти факты. Законы эти рассматриваются наукой как неизменные, имманентные, абсолютные, как существующие по крайней мере в настоящее время сами по себе; а всегда ли так было или будет, это ее не занимает.

По своей сути физиология в той же мере, как физика и химия, есть экспериментальная наука. Но я прошу вас не придавать этому слову того узкого значения, как будто бы физиолог всегда стоял с угрожающе поднятым скальпелем. Я хочу только сказать, что это наука, в которой выводы из какого-либо рассуждения могут быть окончательно приняты только после того, как они будут проверены экспериментально. Таким образом, вы видите, что единственным объектом изучения для физиолога служит

¹ Bert P. Leçons, discours et conférences, p. 57-82. Перевод Б. А. Старостина. Текст публикуется в сокращенном варианте.

natura naturata, в том плане, в каком она имеет отношение к живым существам.

Эта «произведенная природа» открывается физиологу только в виде неисчислимого множества чувственно воспринимаемых явлений. Однако все явления, изучаемые физиологом, имеют между собой нечто общее, имеют некоторую характерную отличительную черту, которая, так сказать, отделяет (с точки зрения всеобщего здравого смысла) живые тела от неживых и оправдывает, по крайней мере для практических целей, различие между физиологией и физикой как вообще наукой о природе. Эта черта, заметная уже при поверхностном наблюдении, есть непрерывное движение, развитие, постоянное воздействие одних частей тела на другие, непрестанное взаимодействие организма в целом с окружающей средой. Отсюда частое уподобление живого организма пламени, реке или водовороту.

Но важнейшая цель, к которой непрерывно и плодотворно стремится физиология, фундаментальный вопрос, который господствует над всеми ее изысканиями и направляет их, — это проблема точного установления, существует ли «нечто» в подлинном смысле полностью специфичное для живых существ; применимы ли к живым существам общие законы, которые господствуют над явлениями внешней среды; являются ли законы, по видимости весьма специальные, обнаруживаемые только в живых телах, результатом сложного переплетения тех же общих законов или не являются; отличается ли в своей сущности живая материя от неживой; отличается ли принципиально биологическое движение от механического; вообще, есть ли физиология не только нечто более сложное, чем физика, но и принципиально отличное от нее?

Заметьте, что физиолог при этом не задается вопросом о сущности живой природы и форме ее движения; ему надо лишь научно констатировать, имеет ли она такую специфическую форму, а если имеет, то можно ли свести эту форму и ее проявления, именуемые обычно «жизненными», к другим явлениям, именуемым «физико-химическими».

Понятно, что в этих поисках общих и первоначальных признаков, какие имеются у миллиардов живых существ, населяющих земной шар, в этих усилиях вычлениить коренную идею из необозримой сети второстепенных признаков физиолог встречает огромные трудности. Поэтому не следует удивляться тому, что наука еще пока мало преуспела, что она еще в такой малой степени способна дать научный ответ на интересующий ее основной вопрос. Физиолог рассматривает организмы исключительно с динами-

ческой точки зрения. Иными словами, он имеет дело с непрерывной серией явлений, которые именуются «функциями» и представляют собой проявления жизненного движения. Он сначала наблюдает регулярное течение этих явлений, а затем экспериментально в них вмешивается, чтобы сделать явными их скрытые результаты и их соотношения с предшествовавшими или с сопутствующими явлениями, которые обозначаются обычно как причины или условия.

Прежде и ранее всего физиология стремится, таким образом, определить законы движения в живых организмах — движения, которые никогда не прекращаются, пока только длится жизнь. Но так же как динамика неодушевленных тел не могла определить законов их движения иначе, как с помощью изучения этих самых движений, — таким же образом динамика живых организмов может решить свою проблему только путем изучения этого жизненного движения, т. е. живого организма, находящегося в состоянии деятельности, жизни. Никто не сомневается, что никакое рассмотрение неодушевленного тела со свойственной ему формой, цветом, консистенцией, хотя бы под самым великолепным микроскопом, само по себе не покажет нам его молекул на тех местах, которые они занимают, и их настоящих очертаний: никогда, говорю я, подобное исследование не поможет нам раскрыть законов тяготения, которые связывают эти молекулы друг с другом. Чтобы познать эти законы, надо увидеть и измерить само движение².

По-видимому, и я почти осмеливаюсь сказать, наверняка, настолько очевидной становится сейчас эта истина, — по-видимому, познание, даже самое глубокое, на которое мы можем надеяться, одной лишь структуры живых организмов никогда не даст нам полного познания всех тех явлений, которые могут быть наблюдаемы в этих организмах в состоянии их жизнедеятельности. Говоря проще, никогда анатомия, хотя бы полная настолько, на-

² В данном случае Бер прав по существу, поскольку действующие на молекулярном (а тем более атомном и субатомном) уровне силы, конечно, не могут, как таковые, наблюдаться визуально. Неудачным следует признать только следующее утверждение: «Никакое рассмотрение под микроскопом не покажет нам молекул на местах, которые они занимают, и их настоящих очертаний», так как современные электронные микроскопы дали нам такую возможность. Правда, Бер до этого не дожил, но суть дела в другом: главное в данном случае для него не невозможность наблюдать очертания («фигуры») молекул, а «невидимость» сил, действующих между ними, необходимость функционального подхода для создания объективной картины мира, невозможность редуцировать этот подход до непосредственного чувственного восприятия. (Прим. ред.)

сколько это можно вообразить, не откроет нам законов жизненных явлений. И, если иногда мы бываем склонны думать иначе, то это, очевидно, потому, что не можем разделить своих первичных и чисто динамических понятий, приобретенных нами (хотя бы) в сознательном и бессознательном наблюдении нашего собственного тела, от тех фактов, которые нам открывает анатомическое исследование. Таким образом, уже на уровне первичных данных науки динамическое исследование предшествует динамическому рассмотрению: человек умеет выполнять различные движения и знает, по меньшей мере в грубых чертах, что такое сократимость мышц, прежде чем он получает идею о том, что такое мышца, подобно тому, как он знает, как камень может падать, раньше, чем знает, какова структура и состав камня.

Правда, рассматривая анатомически, например, множество мускулов, сгруппированных около какого-нибудь сустава, мы из формы поверхностей сочленения и из направления мускулов можем сделать вывод о движениях, выполняемых этими мускулами. Но и это, очевидно, происходит потому, что мы бессознательно прибегаем здесь к ранее приобретенным нами сведениям о сократительной способности и распознаем эту способность в волокнах, которые у нас перед глазами. Если бы мы не имели уже заранее перед собой этих физиологических и динамических идей, то анатомическое и статическое наблюдение оставалось бы для нас одной мертвой буквой.

Возьмем для большей ясности несколько более подробных фактических примеров. Допустим, что, хорошо зная форму и роль слюнной железы, мы после этого открываем поджелудочную железу. Мы легко обнаружим, что она должна выделять жидкий продукт, потому что ее структура сходна со структурой уже известной нам железы. Но мы никогда не догадаемся (без дополнительных экспериментов), что этот жидкий продукт обладает специальным свойством эмульгировать жиры, поскольку у железы, взятой нами для сравнения, такого свойства нет. Больше того, само это сравнение может ввести нас в заблуждение.

Если же у нас нет такого органа, с которым мы могли бы сравнить изучаемый, то анатомическое рассмотрение оставляет нас в полной неизвестности. Разве мы когда-нибудь догадались бы о гликогенной функции печени, если бы знали только ее форму и структуру или хотя бы, кроме того, еще ее анатомические связи с другими органами? А то глубокое неведение, в котором мы находимся относительно функций вилочковой железы, селезенки, различных частей мозга и т. д., — разве оно не показывает нам, как мало пользы приносят физиологии анатомические сведения

сами по себе? Притом я говорю здесь о наиболее глубоких анатомических знаниях. Конечно, история анатомического изучения структуры двигательного аппарата богата весьма интересными результатами. Но если открытие терминальной пластинки двигательного нерва, по-видимому, способствовало объяснению возбуждающего действия этого нерва, не произошло ли это потому, что мы уже знали, благодаря физиологическим экспериментам, о его возбуждающих свойствах?

Мы можем сказать, что если обладатель какой-нибудь другой планеты, некий Микромегас, менее похожий на животных Земли, чем созданный гением Вольтера, спустился бы к нам и встретил на своем пути труп, организм, лишенный жизни, и если бы этот труп был бы, как стеклянный, совершенно и во всех подробностях открыт перед мощными глазами нашего инопланетянина, — то все же этот последний, несмотря на все свое совершенное знание о структуре организма, совсем ничего бы не понял в его жизненных проявлениях.

Итак, вы видите, что иерархия биологических знаний была (в ходе развития науки) совершенно перевернута. Согласно общему, все еще повсеместно распространенному мнению, физиология идет по стопам анатомии как своего рода ее служанка, т. е. как анатомия одушевленных тел: физиология объясняла функции органов, открытых анатомией. В действительности же дело обстоит, если не считать нескольких отдельных случаев, как раз наоборот: впереди идет физиология, описывающая действия организма и оставляющая на долю анатомии заботу о том, чтобы определить расположение, связи строения органов, которые производят эти действия.

Все это не пустая игра слов, не спор из-за того, какую науку следует предпочесть. Необходимо приучить себя смотреть на физиологию не как на науку, черпающую свои доказательства только в анатомических фактах, а как на дисциплину, независимую от анатомии, или, если точнее выразиться, ни в какой мере ей не подчиненную. Анатомия и физиология имеют общий объект исследования — живое тело, и поэтому им часто приходится говорить об одних и тех же предметах, но рассматривают они их с совершенно различных сторон. Например, если анатомия изучает сразу как нечто целое аппендикулярные органы растений, будь то листья с зеленой окраской или с красной, то физиология проследит акт восстановления углекислоты под влиянием света всюду, где она находит этот акт, скажем в листе или в коре. Другими словами, физиология в первую очередь, говоря о самом общем плане, изучает функции. Живое существо поглощает, ассимили-

рует, выделяет различные вещества: физиология изучает процессы абсорбции, ассимиляции, секреции. Животное или растение движется: физиология выискивает причины, условия и законы этих движений. Животное воспринимает факты внешнего мира и сознательно на них реагирует: физиология изучает чувствительность, рефлекторную способность, мышление. Конечно, физиология не может и не должна в своих исследованиях ограничиваться таким абстрактным подходом. Наоборот, она непрерывно должна приглядываться к органам, модифицировать их, если так можно выразиться, передвигать. Во всем этом, несомненно, она непрерывно нуждается в поддержке со стороны анатомии, так же, как в поддержке со стороны физики и химии. Но выявляемые физиологией факты, те, которые она обнаруживает в эксперименте, она классифицирует, использует их с той точки зрения, о которой мы уже говорили, т. е. с точки зрения функций, распространенных вообще среди живых существ.

Итак, если физиолог хочет узнать, например, как у животного осуществляется то, что мы называем «силой», он будет изучать диссоциацию в тканях сложных молекул, приходящих извне или образованных ранее в тканях, а затем проследит проявления силы, связанные с теплом, со светом, с электричеством, с механической энергией. Чтобы сделать это исследование полным, он обратится не только к различным органам, но и к другим представителям той же зоологической группы, при условии, что у них исследуемый феномен легко констатируется и в существенных чертах тождествен тому, который наблюдается у объекта исследования.

Таким же образом при исследовании интеллекта³ физиология вполне может черпать свои данные из области поведения как насекомых, так и птиц или человека.

Одним словом, все живые существа для физиологии представляют как бы один организм в разнообразных вариантах (*un seul être diversifié*), арену феноменов, тождественных по своей сути, хотя бы и бесконечно разнообразных по степени своего проявления. По поводу исследования каждого класса явлений физиология отбирает те группы организмов, где эти явления представлены в наиболее благоприятных для изучения условиях.

Живой организм предстает перед физиологом как маленький мир, удивительным образом уравновешенный внутри себя, где материя и сила конденсируются и расходуются, поддерживая

³ Под словом «интеллект» (*«intelligence»*) Бер здесь подразумевает формы поведения вообще. (*Прим. ред.*)

Таким образом гармонию — всегда колеблющуюся, так сказать, но постоянную. Изучая этот мир, физиолог должен научиться подсчитывать величины прихода и расхода, понимать взаимные соотношения тех функций, которые он аналитически выделил, и таким образом реконструировать всегда точно сходящийся баланс организма.

Из миллионов образцов живых существ, которые мы находим на земном шаре, для этого конкретного исследования физиологу, конечно, наиболее интересен тот, к которому принадлежит он сам, — тип строения человека. Анатомия дает точный план строения человеческого тела, раскрывая его мельчайшие детали; медицина приносит познание функциональных отклонений в их связи с отклонениями органическими; химия показывает молекулярный состав различных частей тела; антропология демонстрирует результаты длительного влияния изменений внешней среды на те или иные функции; психология доставляет правила для научного анализа человеческого интеллекта, — правила, которые легко можно проверить и с которыми можно экспериментировать на себе самом; наконец, зоология рассказывает о существовании животных, которые организованы не совсем так, как человек, и над которыми можно свободно экспериментировать.

В целом мы видим, что огромное большинство физиологов — некоторые обосновывая это философски, некоторые без такого обоснования — обращаются к изучению фактов и вообще ориентируют свою науку только в интересах познания человека. Конечно, при этом они часто получают весьма полезные результаты. Занимаясь физиологией человека, они не только достигли в этой области (и в связанных с ней вопросах физиологии животных) удивительного прогресса, — удивительного, особенно если его сопоставить со столь кратким отрезком времени, в течение которого он был достигнут, — но сослужили также большую службу общей физиологии по двум причинам.

Во-первых, они внесли в нее огромный вклад уже своими важными открытиями. Среди бесчисленных фактов, открытых гением физиологов, имеется немало таких, которые в своей общности далеко превосходят сферу естественной истории человека и по своему значению более или менее охватывают все животное царство. Таково прежде всего объяснение химизма дыхания (Лавуазье), приложимое ко всем живым существам вообще; синтез гликогена в животном организме (К. Бернар); превращение сахаров в жиры (Дюма и Милн-Эдвардс). Все эти факты подтвердились для всех животных. Можно добавить еще весьма плодотворное различие между чувствительными и двигательными нервами

(Мажанди), значимость которого сегодня констатируется для всех животных, обладающих нервной системой.

Во-вторых, современные физиологи оказали своей науке столь же важную услугу, введя в нее как ее неотъемлемую часть эксперимент над живыми существами, указав его трудности и установив его правила.

Сегодня уже никто не будет оспаривать важной роли, которую физиологи справедливо придают «вивисекции» — экспериментированию на живом. Это экспериментирование произвело в области методики физиологических доказательств настоящую благотворительную революцию. Минуло то время, когда в книгах по физиологии законы извлекались из простой вероятности, основанной на общем наблюдении или на анатомической структуре. Физиология — это больше не та расплывчатая область где еще недавно столько дерзких умов сооружали свои хрупкие, хотя и блестящие конструкции. Сегодня выводы, касающиеся физиологии, могут быть приняты только путем экспериментальной проверки.

В то время как физиология таким образом обогащалась, благодаря непрерывным усилиям экспериментаторов, наблюдателей, врачей и вивисекторов, натуралисты, со своей стороны, внесли вклад в развитие биологии, доставив огромное количество весьма богатых материалов.

После Линнея, а особенно после Кювье, всем стало ясно, что построить систему и определить взаимные отношения между организмами можно только с учетом всех их признаков, опираясь на результаты как наблюдения (над формой и поведением организмов), так и на глубокие анатомические исследования. Поэтому в конце прошлого (XVIII в. — *Б. С.*) и особенно за первую половину текущего столетия появилось множество важнейших исследований, обогативших физиологию интереснейшими и самыми неожиданными фактами.

Это были прежде всего накопленные в необозримом количестве узкоспециальные факты, относящиеся только к отдельным группам живого мира: например, связанные с кровообращением у различных видов беспозвоночных. Далее, имелись факты более общего порядка, часто относящиеся к целым сериям⁴ и бросавшие иногда новый свет на проблемы, казалось бы, весьма отдаленные.

⁴ Понятие серии как ряда родственных форм, начиная от примитивных и кончая наиболее продвинутыми, заимствовано Бером у Кювье и других представителей «естественной» (дофилогенетической) систематики. Начиная с 70—80-х годов XIX в. это понятие уступило место современному представлению о «филогенетических рядах». (*Прим. ред.*)

Здесь прежде всего можно привести в пример замечательные открытия, касающиеся сперматогенеза.

Таким образом, с одной стороны, те, кого считали специалистами по физиологии, стремились, в сущности, к монографическому физиологическому обследованию человека (а также высших животных); с другой же стороны, натуралисты собирали гору фактов, с помощью которых становилось возможным подвергнуть такому же монографическому обследованию вообще все основные типы живых существ. Однако и сейчас эта задача гораздо менее продвинулась, чем физиология человека.

Причины этого запоздания понять нетрудно. Ведь все же натуралисты (зоологи и ботаники) не располагают таким обилием фактов, какое наблюдатели всех времен, особенно врачи, предоставили в распоряжение физиологии человека. Натуралистам приходилось все открывать, все создавать заново, и поразительно уже то, как многого им удалось достичь совместными усилиями.

К тому моменту, когда важнейшие из описательных работ были выполнены, физиология человека находилась в самом начале экспериментальной фазы, из которой она уже более не выйдет. Большая часть проблем, решенных физиологией к настоящему времени, например, проблемы действия пищеварительных соков, происхождения секретов и т. д., были еще только поставлены. Оборудование для физиологических экспериментов только начинало развиваться. С другой стороны, натуралисты, открывшие для себя новый мир, стремились прежде всего определить расположение, форму и структуру обнаруженных ими органов и только в самом общем виде — их функцию. В конечном счете в соответствии с требованиями времени натуралисты и должны были интересоваться анатомией. Они обсуждали, например, вопрос о том, аналогичен ли (морфологически) тот или иной нерв пневмогастрическому или симпатическому, вместо того чтобы экспериментально исследовать, на какие органы он действует и какова природа этого действия. В результате получилось, что помимо физиологических фактов, обнаруженных непосредственно в ходе анатомического исследования, например связанных с дыхательными движениями и кровообращением, открылось поле деятельности, новое для современных физиологов, но подготовленное для них анатомами.

Это поле деятельности состоит в монографическом физиологическом обследовании основных типов низших животных; в столь глубокой, насколько это возможно, обработке их физиологии с целью получить, параллельно с физиологией человека, представление о физиологии птиц, пресмыкающихся, рыб, различных порядков моллюсков, ракообразных и т. д.

Уже то немногое, что мы знаем сегодня о физиологии низших животных, может служить предметом серьезных и полезных размышлений. Например, когда мы наблюдаем, что некоторые моллюски активно примешивают морскую воду к крови, которая циркулирует в их сосудистом аппарате; или что железы других моллюсков способны секретировать жидкость, содержащую свободную серную кислоту,— во всех подобных случаях мы должны остерегаться преждевременных обобщений, основанных на аналогии с высшими позвоночными. Но и обратно, если мы видим, как планарии, искрошенные буквально в кусочки, продолжают жить и ощущать в каждом из своих фрагментов, которые все сохраняют свою индивидуальность и тропизмы, то в этих наблюдениях мы имеем отправной пункт для будущих исследований, в ходе которых мы сможем перейти и к высшим животным. Несомненно, что мы еще далеко не исчерпали этих физиологических сюрпризов, столь плодотворных по своей природе, потому что они открывают новые горизонты, потому что они позволяют нам искать на новых путях те условия, при которых протекают жизненные явления.

Именно поэтому такие монографические исследования отдельных групп организмов привлекают внимание физиолога. Они позволяют в будущем заложить общие основания физиологии как ее особый раздел, пока еще мало исследованный, но чрезвычайно важный. Клод Бернар во избежание недоразумений предложил назвать этот раздел «общей физиологией».

По словам Клода Бернара, «общая физиология есть часть физиологической науки, объектом которой является определение элементарных условий жизненных явлений. Она не изучает в отдельности ни млекопитающих, ни птиц, ни животных с горячей или холодной кровью». В самом деле, самые различные живые существа представляют собой не что иное, как агрегаты осуществленных условий, условий изменчивых, на фоне которых столь же изменчивым образом осуществляются жизненные явления, сущность которых всегда тождественна. Части живого организма, погруженные во внешние («внешняя среда») или во внутренние («внутренняя среда») условия, проявляют присущую им активность, но с разной интенсивностью или даже с разными (обнаруживаемыми вовне) качествами. Одним словом, жизненные проявления суть не что иное, как некоторые результирующие, которые зависят одновременно и от активности, свойственной частям организма, и от обстоятельств, в которых эти части функционируют. Очевидно, что общая физиология — это и начало, и цель физиологии; от нее необходимо исходить в поисках фактов, и к ней необходимо их сводить. Если мы будем точно знать условия, которые порождают, ви-

доизменяют или задерживают жизненные явления, то в конечном счете узнаем и то, могут ли законы этих явлений быть сведены к физико-химическим законам, или же они имеют некоторую специальную природу, т. е. живым существам свойственна некоторая динамическая активность; а это и есть та отдаленная проблема, к решению которой физиология должна непрерывно стремиться.

Как и все естественные науки, физиология доказывает свои положения только путем суждений, получаемых в итоге серии сопоставлений. Сопоставлять же можно факты, констатированные путем наблюдения или эксперимента. Собственно говоря, как вы видите, нельзя противопоставлять сравнительную физиологию экспериментальной. Для разума сравнение и эксперимент — это лишь два различных способа получать сведения; но и в этом случае, как всегда, доказательство дает разум, и только он.

Однако в общепринятом словоупотреблении закрепились названия «сравнительная физиология» и «экспериментальная физиология», хотя говорить «экспериментальная физиология» имеет смысла не больше, чем говорить «экспериментальная физика»: есть только одна физика и так же есть только одна физиология. И та и другая нуждаются в эксперименте так же, как нуждаются в наблюдениях, а также в математике; для полноты сравнения и та и другая не принимают в качестве достоверных никаких выводов из рассуждений, основанных на наблюдениях и вычислениях, если эти выводы нельзя проверить с помощью решающего эксперимента.

Был случай, когда Клод Бернар сообщил «Обществу филоматов» результаты некоторых своих опытов, проведенных с помощью вивисекции. Со своего места поднялся один хирург, тогда знаменитый (Жерди), и объявил Клоду Бернару, что полученные тем результаты нельзя рассматривать как постоянные и необходимые, потому что их в любой момент мог бы нарушить своим вмешательством «жизненный принцип».

Таким образом, ранее допускали, что в теле живого существа обитает еще другое, таинственное существо, обладающее неограниченной властью над живой материей. Оно по своей прихоти может изменить условия опыта и, следовательно, их результаты, а экспериментатор даже не поймет, в чем тут дело. Значит, экспериментатор (как предполагалось) — просто игрушка жизненного принципа, капризы которого придают жизненной машине какое угодно направление. Когда-то уродов называли *ludibria naturae*⁵ и таким же образом, в соответствии с концепцией жизненного при-

⁵ Игра природы (лат.).

пипа, процессы в живом организме могут быть названы игрушками этого принципа.

Заметьте, кроме того, что жизненный принцип был последним могиканом из целого легиона подобных же сущностей, о которых считали, что они могут в любой момент начать играть в человеческом организме и как угодно отклонять ход жизненных явлений. В качестве таких сущностей рассматривались многие болезни, по отношению к которым врачи выступали как настоящие экзорцисты, сведущие в их капризах. В целом же это вело к отрицательному отношению к экспериментам, которые считались чем-то обманчивым. К тому же оставалась надежда, что внимательное наблюдение над естественной, беспрепятственной работой жизненного принципа поможет открыть правила, которым он обычно подчиняется,—поможет, если, так сказать, ему это будет угодно. По счастью, даже те, кто отстаивал существование этого капризного деспота в организме, все-таки иногда экспериментировали, и неплохо: их здравый смысл протестовал против их философии. Но это, конечно, не делает менее необходимым критиковать их теоретические ошибки. Это и делал, чрезвычайно убедительно и доказательно, мой знаменитый учитель Клод Бернар. Никто более, чем он, не способствовал полному торжеству принципа детерминизма в применении к биологическим явлениям. Он показал, что эти явления в той же мере, как и феномены неживой природы, подчиняются строгим законам, определяющим непосредственную зависимость жизни от условий среды. Он показал, что в живом организме, как и во всей природе, следствия в полной мере вытекают из причин.

Итак, мы можем продвигаться далее, будучи уверены, что если мы будем наблюдать и экспериментировать правильно, то сможем открыть истинные причины жизнедеятельности организма, а не обольщаться непрерывно какими-то таинственными силами. Можно сказать, что гипотеза независимости всемогущего жизненного принципа оказалась ложной, а гипотеза его существования — по меньшей мере бесполезной.

Однако помимо всех этих соображений, развитых в пределах физиологии как таковой, она получила еще (и кстати) помощь от физики в виде недавних достижений этой науки, которые составляют, быть может, наиболее плодотворное из всех завоеваний человеческого духа. Я имею в виду теорию превращения энергии, которая убедительно доказала, что сила, как и материя, в природе не теряется и не творится. В мои задачи здесь не входит разбор доказательств этого всеобщего закона, который господствует над всеми механическими, физическими или химическими проявлениями

ми движения. Но мы имеем право задать вопрос, приложим ли этот закон также и к биологии, или же в биологической сфере могут встречаться и исключения, связанные со спонтанным вмешательством жизненного принципа.

Рассмотрим какой-нибудь низший организм, например улитку, в тот момент, когда она поспешно втягивает свои щупальца, до которых мы дотронулись. Если мозговой акт, который управляет этим движением, есть следствие воздействия жизненного принципа на нервную клетку, то очевидно, что это воздействие может осуществляться только при условии некоторой модификации расположения молекул. Чтобы получить эту модификацию, необходима определенная затрата энергии. Значит, жизненный принцип должен создавать энергию. Но эта энергия, или движение, раз появившись, может далее подвергаться превращениям, но не разрушаться; следовательно, она добавляется к тому количеству энергии, которое уже циркулирует в мире. Таким образом, посреди величественной гармонии Вселенной образовался некий источник возмущения. К гравитации, которая заставляет двигаться звезды, к теплоте, которую Солнце изливает на Землю, жизненный принцип нашей улитки добавляет еще нечто, и добавляет столько, сколько ему захочется. Не следует с пренебрежением говорить, что это «нечто» бесконечно мало, ибо число живых существ и число биологических актов во времени и пространстве огромно, и кто решится вообразить результат этого умножения бесконечно малого на бесконечно большое? Каким бы малым ни было это количество, оно тем не менее представляет собой исключение из общего закона, исключение, чье философское значение не зависит от его величины. Таким образом, гипотеза о существовании жизненного принципа должна быть отвергнута по причине своей невероятности.

Надо признаться, однако, что эта гипотеза, несмотря на все, сохраняет свою соблазнительность в двух случаях: во-первых, когда ее рассматривают как возможный источник единства жизни как таковой у всех высших животных; и во-вторых, в особенности, если мы рассматриваем развитие некоего живого существа, изменения его внешней формы и анатомического строения, начиная с момента, когда в яйце или зерне появляются первые заметные очертания, и до того, когда в результате самого хода развития возникает невозможность жить и необходимость умереть. Здесь естественным образом на ум приходит идея координирующего и направляющего уникального принципа, который, будучи насильственно отделен от тела, оставляет это последнее добычей разрушительного действия внешних факторов: идея того, что называли растительной душой, археем, нормой, порывом, формообразующим

или жизненным принципом. Этими различными именами обозначали то *quid ignotum* ⁶ (некоторые охотно говорили *quid divinum* ⁷), которое поддерживает жизненное движение и указывает молекулам яйцеклетки место и форму, которую им надлежит принять.

Однако теперь мы располагаем экспериментами, отдаленное начало которых восходит к Трамбле и которые показывают, что жизненное движение неопределенное время сохраняется в изолированных частях тела, когда удается поддержать эти части в условиях среды, сравнимых с естественными условиями, существовавшими в организме; что эти части продолжают свою морфологическую эволюцию и даже приобретают полностью ту форму, которую они приобрели бы, оставшись на своих местах. Рассматривая эти данные, мы приходим к выводу, что все то, что имеется характерного в биологических явлениях, проявляется уже в изолированных частицах, входящих в состав живого тела. Эти частицы, сталкиваясь различным образом друг с другом и согласуя свои действия, производят в качестве результирующей — суммарные акты жизнедеятельности организма. Кажущееся единство этого последнего есть, таким образом, лишь результат гармонического согласия между мириадами элементарных единиц, входящих в состав организма.

В нашем курсе вы увидите, что большинство авторов, принимая это апалитическое исследование происхождения жизненных явлений, останавливаются на ступени элементарных единиц, имеющих определенную форму и именуемых «анатомическими элементами»; этим элементам и приписывается то, что называют «жизненными свойствами». Однако мне представляется, что это означает остановиться на полпути: никак нельзя сравнить (что бы ни говорили) эти молекулы, с которыми имеет дело физика, и эти (гипотетические) частицы, имеющие формы, огромные по сравнению с физическими молекулами (хотя в абсолютном смысле они малы). Да и физиологические эксперименты показывают, что жизненные свойства присущи и отдельным частям этих предполагаемых элементов. Если разрезать мышечное волокно на более мелкие куски, каждый из них остается сократимым. Каждая из сократимых ресничек, которые окружают клетку, как щетиной, может двигаться отдельно от других; сама клетка, по видимости представляющая собой элементарную единицу строения живых существ, есть сложное единство: ядро и ядрышко могут жить сами по себе, регенерировать другие клетки, а раз-

⁶ Нечто неизвестное (лат.).

⁷ Нечто божественное (лат.).

личные гранулы из молекул, входящие в состав клетки, видимо, обладают способностью питания.

Таким образом, в поисках элементарных ячеек жизни необходимо перейти за уровень анатомических элементов, что мы и можем сделать, попытавшись распределить различные свойства жизни между всеми имеющими форму частицами живой организованной материи. Надлежит признать (и это весьма вероятно), что все эти свойства присущи каждому из видов элементарных единиц жизни. Например, сократимость, относительно которой полагали, что она есть сугубо специальное свойство мышечных молекул, теперь с успехом обнаруживается у большей части элементов или частей, включаемых в состав анатомических элементов. Кажется весьма вероятным, следовательно, что эти элементы отличаются друг от друга только большим или меньшим развитием тех или иных качеств. Наконец, когда-нибудь мы должны будем то же, что здесь сказано об отдельных оформленных частицах организма, сказать и о его жидкостях и в конечном счете довести наши поиски первичных жизненных качеств до органической молекулы как таковой, т. е. до физико-химической молекулы в собственном смысле.

Как бы ни относиться к этой последней гипотезе, вы видите, что наш жизненный принцип — единый, направляющий, формообразующий — никогда не мог принести пользы при осуществлении физиологического анализа. Он как бы растворяется, рассеивается, распределяется между частицами, составляющими тело, и за этими-то частицами (молекулами) мы и должны признать те качества, которые, проявляясь на уровне организма в целом, ведут к гипотезам о наличии жизненного принципа.

В конечном счете, сами эти качества у мельчайших частиц тела существуют. Но сегодня не найдется никого, кто бы верил в антагонизм между силами жизненными и силами физико-химическими; наоборот, все знают, что эти последние в живых существах находятся в непрерывном действии. Но представляют ли собой жизненные силы, проявляющиеся на уровне мельчайших частиц организма, какие-то специфические силы, которые действуют не так, как силы в неживой природе? И если такое различие существует, то в чем оно состоит и какую эквивалентность мы можем установить между этими двумя категориями сил?

Вы видите, что мы опять стоим перед той же проблемой, что и в начале; однако уже имеется двойкий прогресс в ее постановке: во-первых, мы нашли тот экспериментальный план, в котором ее надлежит исследовать, и знаем, что ключ к ее решению лежит в изучении элементарных частиц живого вещества; во-вторых, мы

избавились от врага, который мешал нам даже поставить проблему: призрак жизненного принципа больше не будет нас преследовать.

Таков огромный прогресс, совершенный физиологией менее чем за четверть века. И этим прогрессом она обязана тем гениям, которые уверенно ввели в ее область экспериментальный метод.

Наше восхищение этими людьми, столь огромное уже в силу просто того, что они сделали, будет еще большим, если мы учтем те условия, в которых они работали, особенно в нашей стране. Отсутствие интереса или даже презрение со стороны публики, со стороны даже естествоиспытателей и врачей; упреки со стороны ограниченных, робких или завистливых умов; безразличие правительства — они восторжествовали над всем этим. Они завещали нам не только свет своих открытий, но и полностью отныне завоеванное общественное мнение и обеспеченную материальную поддержку. Объединимся же в нашей признательности людям, которые столько сделали для прогресса науки, которые в такой мере расчистили ей путь для осуществления будущих достижений».

Об истории высокогорных восхождений на Кавказе, в Средней Азии и в прилегающих районах земного шара ⁸

Одна из первых солидно организованных попыток подняться на Казбек (5030 м) была предпринята 17 сентября 1812 г. Энгельгардом и Парро. Эти два путешественника поднялись до границы вечных снегов, откуда Парро один пошел дальше к вершине. Ему удалось преодолеть обычные трудности, связанные с горным восхождением; однако, как он добавляет, «наиболее обременительной для меня была необыкновенная усталость, которая заставляла меня останавливаться и отдыхать каждые пятьдесят шагов. Это было не столько стеснение в груди, сколько общая слабость всех мускулов, охватывавшая меня внезапно и быстро проходившая, как только я на полминуты останавливался. За этой слабостью следовало приятное и странное ощущение, как будто бы я попал в какую-то новую стихию, в которой мое тело, созданное для условий более сильных давлений равнинных областей, казалось, приобретало новую мощь. Неизбежным следствием чрезвычайной

⁸ Bert P. La pression barométrique. Recherches de physiologie expérimentale. Paris, 1878, p. 132-155. Сокращенный перевод с французского Б. А. Старостина.

разреженности окружающего нас воздуха было ускорение кровообращения и дыхания... наоборот, органы чувств ослабели; нам приходилось кричать, чтобы слышать друг друга; но и разговаривать было трудно, потому, что язык утратил свою гибкость. Глаза стали, как казалось, менее подвижными, как будто бы какое-то внутреннее препятствие не позволяло видеть на большое расстояние».

Парро пришлось остановиться на высоте 2168 туазов (1 туаз приблизительно равен 1,95 м.— *Прим. перев.*). Он заночевал здесь же, но на другой день должен был вернуться, не достигнув вершины, высоту которой он оценил в 2400 туазов.

В 1829 г. экспедиция, возглавленная Купффером, подошла к горе Эльбрус (см. опубликованный в 1830 г. отчет этой экспедиции Петербургской Академии наук) с целью попытаться подняться на этот гигант Кавказа. 22 июля 1829 г. экспедиция поднялась на отроги Эльбруса, к линии вечных снегов. Купффер пишет: «Здесь мы были вынуждены останавливаться почти на каждом шагу. Воздух был столь разрежен, что дыхание уже не помогало восстановить утраченные силы. Все внешние ощущения ослабли, голова падала; время от времени я чувствовал неопишное изнеможение, с которым не мог совладать. Мы находились на высоте 14 тыс. футов над уровнем моря». Выше экспедиция не могла подняться, но один из ее местных проводников ушел вперед и дошел до вершины.

26 мая 1836 г. на «самую высокую гору Кавказа» поднялся Шёгрэн. Его описания не вполне ясны, но кажется, что он говорит о Казбеке. О физиологических ощущениях и затруднениях он не сообщает. Однако Радде, хотя его восхождение на Эльбрус 10 мая 1865 г. осталось незавершенным по причине плохой погоды, дает в своем рассказе точные указания на действие разреженного воздуха: «Перед нами поднималась, как белая масса, вершина горы. Поднялся сильный западный ветер. Мои два спутника и я ощущали усталость и головокружение, а также странную слабость в коленях, которая вскоре (на высоте 4557 м) стала мешать нам двигаться. Мы останавливались все чаще и чаще, головокружение и слабость ног все усиливались».

В 1868 г. Дуглас У. Фрешфилд, Мур и Такер в сопровождении гида, который ранее был с ними на многих вершинах Альп, предприняли два трудных восхождения на Казбек и Эльбрус.

1 мая они поднялись на Казбек. Ночевали на высоте 3300 м. Однако они не отмечают в своих впечатлениях ничего, что могло бы нас здесь заинтересовать, кроме чрезмерной усталости, которая заставила одного из них лечь на землю, а другому помешала

достичь вершины. 31 июля они поднялись на Эльбрус и также впоследствии не высказывали каких-либо жалоб, кроме как на холод.

28 июля 1874 г. на Эльбрус поднялись Гардинер, Гров, Уокер и Кнубель. 27 июля, накануне того, как достичь вершины, они переночевали на высоте 11 300 футов и писали впоследствии: «Все мы страдали от разреженности воздуха. Те, кто поднимался в 1868 г., на это не жаловались, хотя тогда они, вероятно, поднимались на восточный пик; впрочем, разница в высоте, если она вообще есть, слишком невелика, так что непонятно, почему эта предыдущая экспедиция оказалась такой нечувствительной к низкому давлению». Здесь речь идет, несомненно, об экспедиции Фрешфилда.

Серьезные трудности представляет и восхождение на Арарат. Тем не менее отметим любопытное сообщение парижского историка географии Пьера Бержерона, который в своем изданном в Гааге в 1735 г. очерке пишет: «Согласно арабскому историку Эльмасену, византийский император Ираклий во время своей войны с персами заинтересовался этой горой, упоминаемой в Библии, и имел достаточно любознательности, чтобы подняться на нее и искать, что осталось от Ноева ковчега». Однако первое повествование о восхождении на Арарат с указанием болезненных явлений, сопровождавших пребывание на такой большой высоте, принадлежит Роберту Бойлю. В 1670 г. он писал: «Я спрашивал у одного путешественника, посетившего Арарат и другие высочайшие вершины Армении, испытывал ли он там затрудненность дыхания. Он ответил, что действительно вынужден был дышать чаще, причем сказал, что это общее наблюдение для гор, а не исключительно его опыт».

11 августа 1701 г. на ту же гору попытался взойти знаменитый ботаник Турнефор. Ему удалось подняться лишь до линии вечных снегов. Он пишет: «Один из участников экспедиции жаловался, что не может дышать; у меня же лично столь тяжелых ощущений не было».

Первое документированно удавшееся восхождение было предпринято в 1829 г. уже упомянутым нами ученым и путешественником Парро. Он жалуется только на крайнюю усталость, как свою, так и своих спутников. Поскольку многими попытка восхождения на Арарат рассматривалась как своего рода кощунство, подробный и честный отчет Парро ставился в то время под сомнение. Однако через несколько лет на Арарат поднялись другие путешественники (в 1834 г. Автономов, в 1835 г. Беренс, в 1845 г. Абих), и они доказали справедливость отчета Парро.

К этому периоду относится знаменитое восхождение русского полковника Ходько, и из личного сообщения этого ученого-геодезиста я знаю, с какими физиологическими трудностями столкнулась его экспедиция, включавшая пять офицеров и 60 солдат и достигшая вершины 24 августа 1850 г.

Несколько высокогорных восхождений предприняли во время своих путешествий по Армении Радде и Сиверс. В том числе 28 июля 1871 г. они поднялись на гору по соседству с оз. Кара-Голь. Радде пишет: «На высоте 12 300 футов мне пришлось остановиться. Дышать мне было трудно, колени подгибались, начиналась лихорадка. Сиверс смело вырвался вперед. Я остался лежать на месте в изнеможении и пролежал два часа, ожидая его возвращения. Через два часа он вернулся и чувствовал себя так же плохо, как и я: он вдруг был весь разбит и истощен».

Мне удалось найти также два рассказа о восхождении на потухший вулкан Демавенд (5620 м), поблизости от Тегерана. Участники экспедиции Тейлора Томсона, поднимавшиеся на этот вулкан в сентябре 1837 г., жаловались на головную боль и сердцебиение. Р. Томсон, взойшедший на ту же гору в июле 1858 г., рассказывает о постигших участников его экспедиции головных болях, тошноте и затрудненности дыхания.

Относительно возвышенных плоскогорий Центральной Азии, надо сказать, что первым европейцем, поднимавшимся на них, был знаменитый путешественник XIII в. Марко Поло. Как доказывают свидетельства тех, кто 500 лет спустя посетил те же места, знаменитый венецианец, несомненно, должен был испытать на себе или наблюдать на своих спутниках и на животных те же явления, описание которых мы уже не раз давали. Однако в его рассказе о путешествии мы не находим на этот счет никаких указаний, хотя он и описывает, например, Памирское плоскогорье, считая его «самым высоким местом мира».

Еще к более раннему времени относятся посещения центральноазиатских плоскогорий отдельными китайскими путешественниками, например прохождения пилигрима Фа Сяня в 399 г. через Каракорумский перевал (5690 м), а также известные странствования Сюань Цзана. Однако в чрезвычайно сжатых отчетах, оставшихся от этих путешественников, нет никаких физиологических наблюдений. Правда, в описании западных провинций Китая, опубликованном в 1792 г. по-китайски и в 1857 г. переведенном Клапротом на французский язык, имеются указания, связанные, очевидно, с проявлениями декомпрессии. Так, упоминается о «жаре, головных болях и других болезнях, свойственных (высокогорному) климату», и о «болезнетворных испарениях».

В течение XVII—XVIII вв. высокогорные районы Центральной Азии посетили Антонио д'Андрада, Бернье, Дезидери, Дж. Стюарт, С. Тернер и другие путешественники. Дж. Тернер, пересекший в 1783 г. Бутан, жаловался на «сильнейшую головную боль, которая заставляла его бросаться на землю». «Я приписывал эту боль, причинившую мне столько страданий, перемене климата», — говорит он в опубликованном в 1800 г. описании своего путешествия.

Новая, так сказать, эра начинается с путешествия Моркрофта, пересекшего Гималаи в 1812 г. С этого времени все отчеты о центральноазиатских путешествиях содержат описания, и часто подробные, страданий, добавляемых высотой, к страданиям от усталости и холода. В дневнике Моркрофта от 4 июня 1812 г. значится: «В конце дня я обнаружил, что по мере подъема мое дыхание учащалось, я часто был вынужден останавливаться, чтобы успокоить сердцебиение». 26 июня он записал: «Подъем был чрезвычайно труден из-за стесненности дыхания. Из пяти членов экспедиции только один смог меня сопровождать. Каждые пять шагов мне приходилось останавливаться, чтобы перевести дыхание. Я чувствовал головокружение и как бы угрозу апоплектического удара. Эти симптомы повторялись дважды, так что я считал за благоразумное не подниматься выше. Хотя ни чрезмерной жары, ни холода я не ощущал, мои руки, шея, лицо покраснели, кожа стала очень чувствительной, а на губах выступила кровь, чего со мной ранее никогда не случалось».

В 1816, 1817 и 1818 гг. неудачные попытки пересечь Гималаи были предприняты капитаном Уэббом. В его наблюдениях, опубликованных в 1820 г., нас должны здесь заинтересовать следующие строки, принадлежащие, впрочем, не самому Уэббу, а издателю его писем: «Нисколько не ставя под сомнение сообщения г-на Моркрофта об испытанном им затруднении в дыхании, мы должны заметить, что были случаи и более высоких восхождений, участники которых не испытывали ничего подобного. Видимо, это указывает на то, что все эти эффекты во многом зависят от состояния здоровья. Однако капитан Уэбб подтверждает эти сообщения, причем не только на своем опыте, но и со слов горцев, которые говорят, что испытывают то же, что и иностранцы, и уверяют, что лошади и яки также страдают сходным образом. Имеются жалобы на потерю аппетита, на ощущение как бы приближающейся лихорадки, на сердцебиение. Иногда отнимаются ноги, теряется сознание; конечности холодеют, и в ряде случаев необходимо до трех дней, чтобы человек выздоровел. Возможно, что все это связано с вдыханием каких-то ядовитых испарений».

Ряд интересных деталей сообщает Дж. Вуд, который в 1836—1838 г. совершил путешествие к истокам Амударьи. Его экспедиция прибыла на Памирское плато (высота 15 600 футов, а соседние горы поднимаются над этой высотой еще на 3000—4000 футов) 20 февраля 1836 г. Свои ощущения в районе истоков Амударьи, у берегов замерзшего озера, Вуд описывает так: «По причине разреженности воздуха восхождение утомило нас так, что нам пришлось лечь на снег, чтобы перевести дыхание. Если приходилось быстро пройти шагов пятьдесят, то мы задыхались, начинались боли в легких и полное изнеможение; силы возвращались только через несколько часов. Некоторые из нас жаловались на головокружения и головные боли; однако если не считать этого, то я не испытал сам и не видел на других ничего похожего на страдания путешественников при подъеме на Монблан. В этом последнем случае переход от плотного к разреженному воздуху бывает таким внезапным, что кровообращение не успевает приспособиться к перемене давления и в наиболее чувствительных органах тела накапливаются нарушения. Напротив, восхождение на Памир происходит столь постепенно, что нужны какие-то внешние обстоятельства, чтобы напомнить человеку о той огромной высоте, на которую он поднялся. Воздействие больших высот сказывалось на мне иногда таким образом, к которому я совсем не был подготовлен. Так, однажды вечером в Бадахшане, когда я сидел и читал при огне, вдруг мне пришла мысль пощупать себе пульс. Я обратил внимание, что он был чрезвычайно резким и ускоренным; то же и на другой день, и тем не менее здоровье мое было вполне в порядке. Взяв пульс у своих спутников, я обнаружил, к своему великому удивлению, что он еще быстрее, чем у меня. Сопоставляя частоту пульса с температурой закипания воды, я обнаружил, что изменения пульса могут служить как бы живым барометром, с помощью которого опытный человек может, обследовав сам себя, приблизительно вычислить высоту, на которую он поднялся».

19 октября 1837 г. двое из спутников Вуда отправились в Кабул и прошли по одному из горных проходов в Гиндукуше, на высоте приблизительно 15 000 футов. Как отметил один из них, «лошади чрезвычайно устали и нам пришлось спешиться. Никто из нас не испытывал страдания, но местные жители рассказали нам, что в этих местах у них тоже часто бывают головные боли, рвота и слабость».

Морской врач В. П. Аннин (1873—1935)

Изучая историю проникновения в Россию барометрических идей Поля Бера, автор среди материалов Архива Ленинградского военно-морского госпиталя обнаружил документы, касающиеся деятельности врача водолазного дела Всеволода Павловича Аннина. Оказалось, что этот скромный человек с Васильевского острова интересовался морской физиологией и великолепно перевел часть «Барометрического давления», относящуюся к этой области. Увлечшись идеями Поля Бера, он посвятил их разработке значительную часть своей научно-практической деятельности.

В. П. Аннин родился 19 января 1873 г. в Петербурге в семье чиновника. В 1890 г. он окончил гимназию и поступил в Военно-медицинскую академию. В 1896 г. выпускник академии Всеволод Аннин был зачислен в Морское ведомство младшим врачом в Балтийский военно-морской флот, где работал сначала в Кронштадтском, а потом в Петербургском морском госпитале. Спустя год он совершил 4-месячное плавание на учебном судне «Опричник» с водолазной партией. Незадолго до этого, в 1897 г., начальник водолазной школы писал в рапорте главному командиру Кронштадтского порта о подготовке врачей-специалистов водолазного дела:

«В настоящее время два младших врача Кронштадтского морского госпиталя заявили желание изучать водолазное дело. Пользуясь этим весьма благоприятным случаем большого развития и усовершенствования вверенного мне дела, движение которого всецело зависит от привлечения к нему медицинского персонала, прошу о допущении врачей: мл. ординатора госпиталя А-дра Агафонова и лекаря Всеволода Аннина в число учеников офицеров водолазной школы (на сей год)»¹.

По свидетельству Н. Е. Есипова, однокашника Аннина по Военно-медицинской академии и водолазной школе, поступление военно-морских врачей в водолазную школу — единственный за все 15-летнее время существования школы случай, не предусмотренный ее правилами, почему и пришлось просить на это особого разрешения. Оно было дано в январе 1898 г. с выдачей врачам содержания наравне с остальными слушателями.

¹ ЦГАВМФ, ф. 5, оп. 1, д. 743, л. 1. Цит. по кн.: Шестов В. И. и др. Материалы по истории медицинской службы русского военно-морского флота второй половины XIX в. и до 1917 г. М.: Медицина, 1968, с. 16.

Уже в школе Аннина всерьез увлекли проблемы гигиены и физиологии водолазного дела. Его деятельность в этой области была проникнута искренней заботой о сохранении физических и духовных сил русского матроса-водолаза. В феврале 1900 г., по окончании школы, Аннин демонстрировал на заседании морских врачей в Петербурге кардиофон, сконструированный совместно с инженером-механиком Г. Н. Пио-Ульским, для выслушивания сердца водолазов на глубинах. Испытание кардиофона дало очень хорошие результаты. Прибор нашел применение в практической деятельности по медицинскому обеспечению водолазов.

Учеба закончена, и Аннин весь уходит в дела. Даже простой их перечень свидетельствует о бурной деятельности, развитой молодым морским врачом. Так, в 1900—1903 гг. он совмещал работу в водолазной школе, где читал лекции по гигиене и физиологии водолазного дела, с практикой в глазной клинике Военно-медицинской академии и защитил диссертацию на тему: «О действии соляно-кислого тропаконина на глаз» (1901 г.), получив степень доктора медицины. В 1904—1905 гг. Аннин в качестве старшего врача находился в заграничном плавании на крейсере «Олег». За участие в морском сражении с японским флотом 14 мая 1905 г. в Цусимском проливе он получил орден Станислава 2-й степени с мечами. Один из результатов плавания — опубликованная в 1906 г. в «Морском сборнике» статья «К патологии тропического пояса», в которой исследователь рассмотрел этиологию желудочно-кишечных болезней, заболевания лимфатических узлов, тропическую сыпь, солнечный и тепловой удары и другие болезни. В 1906 г. его направили в Казанскую губернию для оказания окулистической помощи местному населению, а в 1907 г. он работал врачом-окулистом в глазной клинике в Петербурге. К этому надо добавить активное участие Аннина в работе Общества морских врачей, с которым связана деятельность выдающихся представителей русского естествознания: С. П. Боткина, Н. И. Пирогова, И. М. Сеченова, И. И. Мечникова, И. П. Павлова, Л. А. Орбели и др. В 1908 г. по поручению Общества Аннин составил Указатель докладов и сообщений, доложенных в Кронштадте с 1859 по 1908 г. (к 50-летию Общества).

Время прикомандирования В. П. Аннина к Кронштадтскому военно-морскому госпиталю и водолазной школе, где он влился в коллектив высокообразованных морских врачей, явилось временем политического самоопределения интеллигенции в период между революциями 1905 и 1917 годов. Аннин безоговорочно примкнул к революции. Будучи горячим патриотом отечественной военно-морской науки, он рассматривал службу на флоте как свое обществен-



В. П. Аннин

ное призвание, как служение народу и продолжал упорно трудиться над проблемами водолазного дела.

Еще в 1911—1912 гг. Аннин исследовал изменение жизненной емкости легких у учеников-водолазов. «Для наблюдения были избраны 30 чел., у которых жизненная емкость измерялась несколько раз до спусков в воду, пока не получались у каждого почти одинаковые числа, без нового увеличения емкости легких; после этого уже производились наблюдения под влиянием спусков в воду. При этом ученики находились в состоянии покоя как до спусков, так и во время нахождения под водой и по выходе из воды... Оказалось, что жизненная емкость легких в огромном большинстве случаев увеличивалась после каждого спуска и только у четырех лиц оставалась без изменения по сравнению с началом спусков»². В эти же годы Аннин провел серию наблюдений над изменением веса тела человека при определенном пищевом режиме под влиянием пребывания в сжатом воздухе. За эти исследования на Всероссийской гигиенической выставке 1913 г. он был награжден Похвальным листом.

² Аннин В. П. Патология и гигиена водолазного дела. Л.: Северо-западное управление внутренних водных путей, 1928, с. 23-24.

1140
НАЧАЛЬНИКЪ
ГЛАВНАГО УПРАВЛЕНІЯ
КОРАБЛОСТРОЕНІЯ И СНАБЖЕНІЯ.

В. С. Кудринъ

21 Января 1900г.

№ 2251

Милостивый Государь

Владиміръ Сергѣевичъ.

Для изученія вліянія подводныхъ работъ на организмъ водолазовъ, преподавателями водолазной школы выработаны упорный трудомъ весьма важные въ научномъ отношеніи приборы, а именно: 1/ старшими врачами докторами медицины Есиповымъ- "сигмографъ" для электрической записи пульсаціи водолаза; 2/ младшими врачами Аннинымъ- "кардіофонъ" для выслушивания сердца, причѣмъ записи этого прибора могутъ быть при помощи графофона демонстрированы и 3/ Инженеръ-Механикомъ Пис-Ульскимъ "пневмографъ" для записи и счета дыханій водолаза на всякой глубинѣ.

На изготовленіе моделей означенныхъ приборовъ и ихъ испытаніе были затрачены все свободныя средства водолазной школы и въ настоящее время представляется необходимымъ оказать денежную поддержку школѣ, для заказа болѣе совершеннаго высокопревосход-ству

В. С.

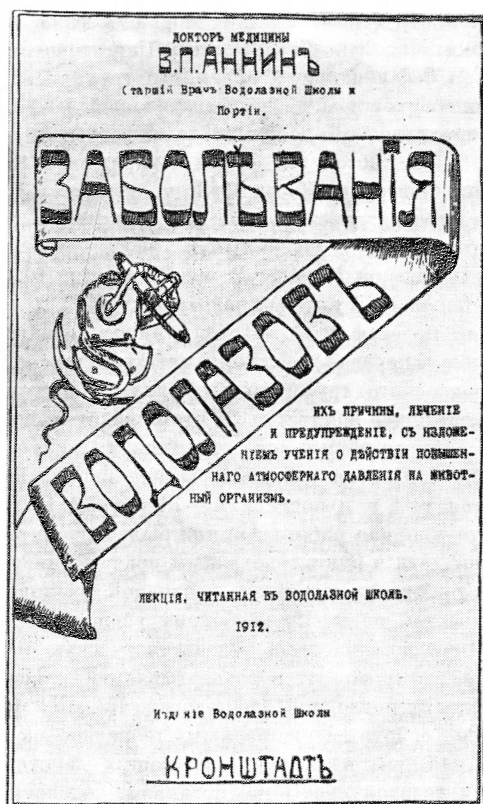
КУДРИНУ.

Из рапорта о научной деятельности В. П. Аннина

Свои основные выводы исследователь сформулировалъ следующимъ образомъ:

«1. Наибольшая глубина, на которую можетъ быть спущенъ водолазъ при питаніи его обыкновеннымъ воздухомъ, не должна превышать 40 морскихъ саженъ (7 добавочныхъ атмосферъ), такъ какъ при дальнейшемъ увеличеніи давления легко могутъ наступить острые болезненные явленія отъ вреднаго дѣйствія повышеннаго напряженія кислорода, сначала на ткань легкихъ, а затемъ на весь организмъ.

2. Продолжительность пребыванія на глубинахъ отъ 32—40 саженей не должна быть долѣе 20 мин. не считая времени деком-



Титульный лист работы В. П. Аннина «Заболевания водолазов»

прессии, а продолжительность пребывания на глубинах от 27 до 32 саженей не должна превышать получаса; вообще такие глубокие спуски требуют надлежащей организации и большой осторожности»³.

Стремительное развитие воздухоплавания, кессонных работ, водолазного дела потребовало пристального изучения русскими врачами и физиологами вопроса о влиянии атмосферного давления на организм животных и человека, об адаптации организма к изменяющимся условиям внешней среды и его акклиматизации.

³ Аннин В. П. Патология и гигиена водолазного дела, с. 29.

Ознакомление русского медика и физиолога с трудом Поля Бера стало неотложной необходимостью. Подготовленный В. П. Аннинным перевод большей части объемного труда Поля Бера «La pression barometrique» (1878 г.), повествующей «О влиянии повышенного барометрического давления на животный и растительный организмы» (647 с., «весом два фунта и тиражом в 1200 экз.», как указано в Книжной летописи за 1918 г.), вышел в Петрограде в конце 1916 г. Следует заметить, что ранее, в 1907 г., появился перевод из этого же труда, сделанный Н. А. Есиповым, однокурсником Аннина. Однако он сильно уступает изданию 1916 г. по объему, качеству перевода и литературному стилю.

Аннинский перевод свободен от длиннот, отличается точностью, четкостью в передаче русскому читателю мыслей Поля Бера. Созданию прекрасного «русского двойника» французского текста Аннин посвятил почти шесть лет. Об этом свидетельствуют пометки на полях его личного парижского экземпляра * «Барометрического давления» 1878 г. Первая дата, отмеченная карандашом в начале книги, — 15 мая 1911 г. и последняя — 31 июля 1916 г. Нет сомнения в том, что упорная работа Аннина была продиктована страстным желанием дать в руки водолазным врачам книгу-руководство и тем самым пробудить интерес к подводной физиологии в отечественной науке той поры. По глубокому убеждению переводчика, книга Поля Бера должна была будить творческую мысль, способствовать творческому поиску и развертыванию дальнейших исследований в области подводной физиологии. Издание 1916 г. по сей день является основным отправным теоретико-экспериментальным трудом для специалистов, изучающих действие повышенного давления газовой среды на организм человека в условиях глубоководных погружений и гипербарической оксигенации.

Аннин не только врач-переводчик высокой квалификации, но и автор ряда работ по водолазной физиологии. Обнаруженные в ЦГАВМФ машинописные лекции В. П. Аннина 1912 г. «Заболевания водолазов — их причины, лечение и предупреждение, с изложением учения о действии повышенного атмосферного давления на животный организм» и другие документы, найденные в архивных фондах Ленинграда, убедительно показывают, что исследователь в течение почти трех десятилетий неизменно накапливал, анализировал и обобщал фактический материал по физиологии и патологии водолазных спусков, используя свой огромный личный вклад в то дело, а также опыт и наблюдения других русских мор-

* Книга любезно предоставлена проф. М. П. Бресткиным для изучения автору данного очерка. (Прим. ред.)

ских врачей. Существенной заслугой Аннина является и тот факт, что он один из первых в России (1912 г.) оценил важнейший вклад английского физиолога Джона С. Холдейна (1908 г.) в изучение этиологии, патогенеза и особенно профилактики декомпрессионной болезни, признав в нем последовательного продолжателя дела Поля Бера.

В своей автобиографии В. П. Аннин писал:

«Во время Февральской и Великой Октябрьской социалистической революции добровольно перешел на службу в Красный военно-морской флот врачом водолазной школы. В июле 1917 г. организовал и провел впервые в России глубоководные конкурсные спуски 8 водолазов на глубине 31,5 сажен (около 65 м) на внешнем Ревельском (Таллин) рейде для поисков затонувшей германской подводной лодки с премией 1000 руб. за 15 мин пребывания на дне. В 1918 г. вместе с водолажной школой был эвакуирован в район Нижнего Поволжья, в г. Вольск».

Именно в это время Аннин впервые поставил вопрос об изучении отдаленных (сроком 5—10 лет) последствий водолазного труда. Он установил контакт с отслужившими срок водолазами и даже ездил по деревням и окраинам России, выискивая тех, кого знал, готовил, тренировал; Аннин обследовал состояние здоровья бывших водолазов, проживавших в сельской местности и занимавшихся трудом на природе. Обследование выявило высокий процент сердечно-сосудистых заболеваний и изменения костного аппарата. Необходимость длительных экспозиций при проникновении человека на большие глубины потребовала постановки вопроса об отдаленных последствиях водолазного труда с особой остротой. Вопрос этот еще мало изучен и не утратил актуальности и в наши дни, поэтому находки В. П. Аннина представляют огромный интерес.

Обобщая фактический материал, исследователь предложил оригинальную классификацию профессиональных заболеваний водолаза. Он разделил их на несколько общих групп, объединяющих однородные по тяжести проявления болезни:

1. а) Кожный зуд; б) кровотечение из носа или дыхательных путей.

2. а) Боли в мышцах и суставах; б) головные боли и головокружение.

3. Параличи (чаще всего ног, мочевого пузыря, иногда порезы); рвота, потеря сознания.

4. Симптомы со стороны легких и сердца (одышка, синюха).

5. Паралич мышц лица и мышц глазного яблока (более редкие заболевания).

О ВЛИЯНІИ
ПОВЫШЕННАГО БАРОМЕТРИЧЕСКАГО
ДАВЛЕНІЯ
НА ЖИВОТНЫЙ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ
ОРГАНИЗМЫ.

Изъ труда французскаго Академика

P BERT

„La PRESSION BAROMETRIQUE“.

Переводъ съ французскаго подъ редакціей Врача
Водолазной Школы и Партии Доктора Медицины
В. П. Аннина.

Изданіе Водолазной Школы, вновь исправленное и
дополненное.



ПЕТРОГРАДЪ.

Типографія И. В. Леонтьева, Басковъ переулокъ, 4.
1916.

Титульный лист аннинского перевода книги Поля Бера «Барометрическое давление», 1916 г.

Все вышеназванные заболевания наступают не сразу, а через некоторое время (от 15 мин до 1 час), после декомпрессии, причем начинают проявляться после неправильной декомпрессии.

Одной из основных работ Аннина по морской физиологии стала небольшая книга «Патология и гигиена водолазного дела» — очень содержательное конспективное изложение важных водолазных проблем. Она издана в 1928 г. тиражом в 500 экз. и сейчас ее можно найти лишь в некоторых библиотеках.

В этой книге Аннин, в частности, отмечает, что до революции 1917 г. в России не было еще выработано точных и обоснованных правил для подъема водолазов из воды, а после 1917 г. «водолазное дело в СССР было объединено и поставлено в надлежащие условия технического оборудования и охраны труда»⁴. Последний абзац книги как нельзя лучше характеризует Всеволода Павловича не только как вдумчивого врача, но и как внимательного к людям, сердечного человека:

«При подъеме с больших глубин, следовательно, при длительных остановках в холодной воде водолаз при выходе наверх чувствует значительный холод, так что приходится покрыть его теплым одеялом и дать горячего чая с вином»⁵.

В. П. Аннин всегда очень чутко откликался на все происходящее в его работе, в личной и общественной жизни. Недаром он заметил как-то, что 1904 год был для него, пожалуй, самым грустным — он унес из жизни дорогих его сердцу людей — адмирала С. О. Макарова, А. П. Чехова и В. В. Верещагина. Преданность к морскому и водолазному делу удивительно сочетались в Аннине с любовью к литературе и живописи.

С 1929 г., после демобилизации, и до кончины в 1935 г. Аннин работал старшим ординатором Ленинградского военно-морского госпиталя.

Знакомство с личным делом В. П. Аннина убеждает в том, что он был исключительно добросовестным пытливым исследователем, опытным и заботливым врачом. Люди, близко знавшие В. П. Аннина, отмечают его выдержку, корректность, немногословность и огромную работоспособность. Он работал и в последние месяцы жизни, не считаясь со временем и несмотря на возраст и плохое самочувствие. Еще осенью 1934 г. Аннин на общественных началах был и помощником старшего врача Военно-морского училища им. Фрунзе, и консультантом по вопросам водолазного дела, и глазным специалистом, постоянным участником отборочных комиссий.

В аттестации командования Всеволода Павловича характеризуют как «ценного и заслуженного работника морских сил РККА, человека активного в марксистско-ленинской и командирской учебе, быстро ориентирующегося в политических и военно-морских вопросах».

⁴ Аннин В. П. Патология и гигиена водолазного дела, с. 47.

⁵ Там же.

Если до аннинского перевода «Барометрического давления» имя Поля Бера в России на рубеже XIX—XX вв. неизменно ассоциировалось с талантливо написанными им и хорошо переведенными курсами по зоологии, анатомии и физиологии, то после его появления Поль Бер стал восприниматься как крупный самобытный ученый, один из создателей нового направления в физиологии — экологической физиологии.

На аннинском переводе выросло не одно поколение русских врачей-физиологов и клиницистов, учатся на нем и поныне. Его имя навсегда вошло в историю науки о воздействии высоких давлений на человека.

Содержание

К читателю	5
История книги	7
Жизненный путь	12
Грани научного творчества	39
Экспериментальная биология (1863—1870) . . .	39
Трансплантация органов и тканей у живот- ных	39
Ботанические наблюдения и опыты	61
Барометрическое давление (1870—1880)	82
Влияние пониженного давления газовой сре- ды на животных и человека	82
Влияние повышенного давления газовой сре- ды на живые организмы	127
Кислородное отравление и лечебное примене- ние кислорода	165
Натуралист, историк и популяризатор науки (1880—1886)	194
Работы по общей биологии	194
Поля Бер — историк науки	215
Даты жизни и деятельности Поля Бера	239
Библиография	241
Приложения	255
Из научного наследия Поля Бера	255
Морской врач В. П. Аннин	277

Г. Э. Фельдман, С. Н. Ефунин,
Г. И. Куренков, В. Б. Малкин,
Л. М. Сабурова, Б. А. Старостин

Поль Бер

1833—1886

*Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР*

Редактор *В. И. Большаков*

Художественный редактор *В. И. Разина*

Технические редакторы *Ю. В. Серебрякова, О. М. Гуськова*

Корректоры *К. П. Лосева, В. А. Шварцер*

ИБ № 15425

Сдано в набор 15.01.79.

Подписано к печати 13.07.79.

Т-11466. Формат 84×108¹/₃₂

Бумага типографская № 1

Гарнитура обыкновенная

Печать высокая. Усл. печ. л. 15,12.

Уч.-изд. л. 15,6. Тираж 14 000 экз.

Тип. зак. 1613. Цена 1 р.

Издательство «Наука» 117864 ГСП-7,

Москва, В 485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ПОЛЬ БЕР



ПОЛЬ БЕР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫХОДИТ ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА:

Ольхина Е. А.
ВИЛЬЯЛМУР СТЕФАНСОН

2-е изд. 1979,
7 л. 50 к.

Книга рассказывает о жизни и деятельности Вильялмура Стефансона (1879—1962) — отважного полярного путешественника, разностороннего ученого, видного прогрессивного деятеля, неизменно выступавшего за мир и дружбу между народами. Его взгляды, в частности на проблемы изучения Арктики во многом были сходны со взглядами советских полярных исследователей, с которыми Стефансон поддерживал тесные связи. Активный борец против фашизма, Стефансон был истинным другом Советского Союза.

Книга рассчитана на широкий круг читателей (1-е изд. — 1970 г.).

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480391 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97;
- 370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13;
- 320005 Днепропетровск, проспект Гагарина, 24;
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95;
- 375009 Ереван, ул. Туманяна, 31;
- 664033 Иркутск 33, ул. Лермонтова, 303;
- 252030 Киев, ул. Ленина, 42;
- 277012 Кишинев, ул. Пушкина, 31;
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2;
- 192104 Ленинград Д-120, Литейный проспект, 57;
- 199164 Ленинград, Менделеевская линия, 1.

Цена 1 руб.