

# Предисловие

---

Программа по научному и технологическому сотрудничеству (COST) — инициатива, направленная на осуществление и улучшение сотрудничества между Европейскими исследовательскими группами в области науки и технологии. Благодаря усилиям наших бельгийских коллег, в декабре 1998 г. стартовала акция, специально посвященная терапии гипербарическим кислородом (акция COST B14). В ней приняли участие девятнадцать европейских стран, членов Европейского союза и ассоциированных с ним. Основными целями COST B14 были расширение базовых знаний о рациональном применении ГБО; выработка рекомендаций по ведению работы и развитию центров ГБО и обеспечение научно обоснованных рекомендаций для применения ГБО в лечении различных заболеваний и состояний.

По завершению акции Исполнительный комитет решил опубликовать книгу для представления итогов COST B14, а также внедрения результатов экспериментальных и клинических исследований, выполненных за последние 6 лет. Эта книга предлагается в качестве референтного документа как исследователям, так и клиницистам — для использования как в исследовательской лаборатории, так и в повседневной клинической практике; она также представляет вспомогательный материал для преподавателей и поможет студентам в получении II и III уровней квалификации по гипербарической медицине Европейской комиссии по гипербарической медицине (ЕСНМ).

Необходимо поблагодарить участников создания этой книги за их усилия и энтузиазм. Кроме того, мы хотели бы выразить благодарность нашим английским обозревателям М. Гамильтон-Фарелл и Ф. Кронье; а также Э. Диджилдер за ее прекрасную секретарскую работу и секретариату COST — за мощную и постоянную поддержку наших усилий.

Исполнительный комитет рассматривает эту книгу как кульминацию акции COST B14. Мы надеемся, что она будет с интересом принята международным научным сообществом.

*Проф. Д. Матьё*

Президент Исполнительного комитета  
акции COST B14  
по терапии гипербарическим кислородом

# Вступление

---

## Дирк Ян Бэккер

*Президент Европейской комиссии по гипербарической медицине.*

*Департамент хирургии/гипербарической медицины, Университет Амстердама,  
Академический медицинский центр, Амстердам, Нидерланды.*

В конце 1968 г. на второй день моей хирургической резидентуры под руководством профессора Боерема в амстердамской клинике «Вильгельмина Гастиус» я оказался в барокамере, присматривая за лечением пациента с газовой гангреной.

Когда двое суток спустя, в полночь, я стал свидетелем внезапного пробуждения пациента, серьезно пострадавшего в результате отравления окисью углерода, я в полной мере оказался приверженцем гипербарической медицины.

Эти процедуры и паллиативные хирургические операции у маленьких детей (до 1972 г.) были у нас практически единственными показаниями в то время.

Роль лечения гипербарическим кислородом была исследована при многих заболеваниях, а также экспериментально, но эти три показания были наиболее точным для клинического применения (помимо декомпрессионной болезни и газовой эмболии).

С тех пор произошло много перемен. Многие из предлагаемых показаний приходили и исчезали, некоторые оставались, подтвердив свою обоснованность, кроме того, появились новые. В Европе сложилась ситуация, при которой каждый врач, применяющий лечение в барокамере, использовал показания, в которые он верил и в применении которых имел опыт. Каждые четыре, а в дальнейшем даже три, года мы собирались с коллегами в госпитале или университете и обсуждали сделанное за прошедшее время. В результате эти встречи были утверждены в 1963 г. как Международный конгресс по гипербарической медицине (МКГМ). Была проделана огромная научная и клиническая работа, а деятельность конгресса принесла хорошие плоды. Если у вас появится возможность почитать эти книги внимательно, то вас удивит качество научной работы, проделанной в те дни. Очень жаль, что многое из тех времен забыто или повторено в последние годы.

Примером тщательности нашей работы может служить факт, что почти каждый эксперимент на животных включал контрольную группу. Этого, к сожалению, не хватало большинству клинических серийных исследований. Причиной было то, что медицина, основанная на «опыте» и «консенсусе», была скорее правилом, чем исключением. Многие молодые исследователи, участвовавшие в разработках принципов лечения гипербарическим кислородом, позднее стали гигантами в своих областях медицины.

По этой причине Конгресс в настоящее время изыскивает средства для повторной публикации своих ранних работ.

Общество подводной медицины (UMS, а позднее UHMS — Undersea and Hyperbaric Medical Society, основанное в 1967 г.) было первым обществом, избравшим Комиссию по ГБО-терапии, созданную для разработки и классификации различных клинических показаний на основе имевшихся в то время научных данных. Первый доклад Комиссии был опубликован в 1977 г. и неоднократно обновлялся в дальнейшем. Постепенно страховые компании приняли эти доклады как руководство для оплаты лечения пациентов с рекомендуемыми в них показаниями.

В то время ситуация в Европе была такова, что мы в большей или меньшей степени следовали показаниям, излагаемым в Докладе Комиссии UHMS. Контакты между гипербарическими центрами были редки и ограничивались нерегулярными конгрессами или симпозиумами.

Контакты с Советским Союзом и Дальним Востоком были крайне редки — если существовали вообще. Другой проблемой был языковой барьер (Россия и Китай — как пример).

Доказательством тому могут служить Материалы VII Международного конгресса по гипербарической медицине, состоявшегося в г. Москве в 1981 г., которые были опубликованы полностью на русском языке, без какого-либо перевода.

Эта ситуация изменилась в 1989 г., когда осознание необходимости основания комиссии, целью которой было бы развитие качества и профиля гипербарической медицины, пришло во время неформальной дискуссии в Милане. В ней участвовали трое редакторов этой новой книги, а также автор этих строк.

Первая неформальная встреча произошла в ноябре 1989 года. Эту дату можно рассматривать как начало работы Европейской комиссии по гипербарической медицине (ЕСНМ).

Первое пленарное заседание с представительством от специалистов в области дайвинга и гипербарической медицины от разных стран Европы состоялось в Амстердаме в августе 1990 г. во время встречи по дайвингу и гипербарической медицине (Международного конгресса, общества подводной и гипербарической медицины (UHMS) и Европейского подводного и биомедицинского общества (EUBS)).

Официальное основание ЕСНМ произошло снова в Милане 1991 г.

Были определены следующие цели комиссии.

1. Изучение и определение типовых показаний к применению ГБО-терапии; исследовательских и лечебных протоколов; типичных стандартов для лечебных и технических процедур; оборудования и штатного состава; экономических критериев.
2. Деятельность в качестве представительного органа в Европейской организации здравоохранения европейского союза (ЕС) в Брюсселе (Бельгия).
3. Развитие сотрудничества существующих научных организаций, работающих в области дайвинга и гипербарической медицины (например, Европейским подводным и биомедицинским, позднее баромедицинским, обществом, которое было основано в 1965 г.).

Наиболее важной миссией ЕСНМ было создание Европейских стандартов показаний для применения гипербарической медицины, обеспечения качества лечения пациентов, оборудования, штатного состава, подходов к обучению и исследованиям.

Все это совпадало с процессом развития доказательной медицины (в Канаде) и Кохрановской библиотеки (для метанализа рандомизированных клинических исследований и доказательных методов).

Для многих из нас, опытных клиницистов с многолетней клинической практикой, это была нелегкая задача. Мы были вынуждены пересматривать свои результаты, снова планировать нашу клиническую научную работу. Она более не включает ретроспективные исследования или ретроспективное изучение больших групп пролеченных пациентов, но все в большей степени основана на проспективных, рандомизированных, плацебо контролируемых слепых клинических исследованиях (RCT), которые мы рассматриваем как золотой стандарт.

В отношении некоторых показаний, в которых мы имели большой клинический опыт и уже лечили по ним множество пациентов, клинические исследования были сочтены не этичными; и постепенно стало ясно, что обширный опыт тоже был доказательным, хотя и менее убедительным, чем RCT.

Я думаю, мы боролись и хорошо преуспели в этих изменениях. Мы показали, что гипербарическая медицина есть современное и эффективное средство лечения, соответствующее стандартам 2005 г. Конечно, всегда можно сделать что-то еще лучше; и мы должны постоянно стремиться к получению наилучших результатов. В этом случае мы не отличаемся от многих других медицинских специальностей, часть из которых не смогли достичь такого прогресса, как наши.

Мы начали нашу работу над показаниями в 1991 г. и организовали первую Европейскую консенсусную конференцию по гипербарической медицине в Лилле (Франция) в сентябре 1994 г.

Перечень показаний, принятых в большинстве стран Европы, был рассмотрен независимым жюри, применявшим правила доказательной медицины.

Этот перечень очень важен, так как практические врачи в гипербарической медицине Европы в настоящее время используют Европейский перечень показаний для собственного применения и для дискуссий с различными страховыми компаниями об оплате лечения. Более того, мы вместе решили, для каких показаний нужны дополнительные доказательства, прежде чем мы сможем их принять (что означает дополнительные исследования) и, что не менее важно, мы определили, что не является показаниями для лечения ГБО.

Эта работа над показаниями все еще продолжается на регулярных симпозиумах, семинарах и консенсусных конференциях (последняя из которых состоялась в Лилле в декабре 2004 г.).

В результате этой работы издательством Шпрингер в 1996 г. было опубликовано Руководство по гипербарической медицине под редакцией Джорджио Ориани из Милана (Италия), Алессандро Маррони из Розето

дель Абруцци (Италия) и Франсуа Ваттеля из Лилля (Франция). Это была первая всеобъемлющая книга по гипербарической медицине, появившаяся в Европе. В ней кроме физиологии и патофизиологии кислорода и гипербарического кислорода были описаны различные клинические показания. Дан обзор организационных аспектов гипербарического лечения, в том числе и для инцидентов при дайвинге. Обзор возможных будущих показаний был дан в разделе «Новые горизонты». Одним из предметов нашей гордости была вполне гармоничная совместная работа множества разных врачей и исследователей из стран Европы. Книга была распродана очень быстро. Вскоре было запланировано издание нового, дополненного европейского Руководства, но осуществление таких планов потребовало времени. К счастью, около пяти лет назад началась акция COST B14, когда спонсируемые Европейским союзом специалисты в области гипербарии получили возможность встречаться в различных городах Европы, обсуждая и разрабатывая лечебные и исследовательские протоколы в области гипербарической медицины. При презентации и обсуждении этой акции с руководством стало ясно, что нам представляется возможность написать и опубликовать книгу по гипербарической медицине.

Огромная заслуга Даниэля Матьё (избранный президент ЕСНМ) и Франсуа Ваттеля (предыдущий президент) в том, что они реализовали представившуюся возможность немедленно.

В рамках акции COST было необходимо опубликовать книгу в августе—сентябре 2005 г. Авторами разных глав должны были быть коллеги, участвующие в акции COST.

Редакторы этой книги приступили к работе без каких-либо колебаний: выбрали авторов, определили сроки готовности материалов и проделали всю работу, необходимую для написания рукописи.

*Оглавление книги показывает, что ничего не делалось в спешке.* Мы видим логичный порядок изложения всех тем в области гипербарической медицины.

Первая часть начинается с физических и патофизиологических основ ГБО-терапии под уверенным редакторским руководством Мартина Гамильтон Фарелла, Беатрис Ратценхофер-Коенда и Юха Нииникоски из Финляндии. Представлены материалы по физике высокого давления и влиянию гипербарического кислорода на ДНК.

Во второй части описаны различные показания: рекомендованные, «на усмотрение» и обсуждаемые. В основном это результат всей работы, проделанной консенсусной конференцией в Лилле. Редакторами стали Даниэль Матьё, вместе с Йоргом Шмутцом из Швейцарии и Францем Кронье из Южной Африки — все опытные клиницисты и исследователи, сопричастные к началу эры современной гипербарической медицины.

Пятьдесят страниц, посвящены обсуждаемым и недоказанным показаниям. Они важны не столько с точки зрения показаний вообще, сколько скрупулезности, с которой авторы исследовали и взвешивали доказательность при формировании своих заключений.

Чрезвычайно важно знать, что не следует лечить и почему. Отсутствие такого подхода в прошлом стало причиной множества трудностей и проблем с ведущими учеными и клиницистами, а также органами управления здравоохранения в некоторых странах.

Третья часть посвящена практической реализации лечения гипербарической оксигенацией (ГБО). Ясек Кот из Польши, Армин Кеммер из Германии и Петер Джермонпре из Бельгии написали и отредактировали материал по конструкции и оборудованию барокамер, организации центра, отбору пациентов для лечения и мониторингованию их в барокамере, подготовке персонала, безопасности в гипербарической среде и экономических аспектах ГБО — часто недооцениваемых и недопонимаемых, а также об исследованиях ГБО и организации гипербарической медицины в Европе в настоящее время.

Публикация этого нового Руководства по гипербарической медицине, безусловно, является большим достижением и новым взглядом на историю Европейской комиссии по гипербарической медицине. Редакторов и авторов можно поздравить с успешной работой по написанию этой книги.

Я искренне надеюсь, что эта книга распространится не только по всей Европе, но доберется до коллег во всех странах мира. Верю, что они тщательно изучат ее и будут следовать приведенным в ней рекомендациям.

Если что-нибудь изменится (наука всегда движется вперед), то Европейская комиссия будет рассматривать изменения на симпозиумах, круглых столах или консенсусной конференции.

Желаю этому первому изданию дойти до читателя как можно скорее.

# История гипербарической медицины

## Фрэнсис Ваттель

*Service d'Urgence Respiratoire, de Reanimation Medicale et de Medecine Hyperbare,  
Hospital Calmett, Centre Hospitalier Regional Universitaire, Lille, France*

## 1. Исторический обзор

Гипербарическая медицина прошла долгий путь, так как ее история берет начало от истории погружений, уходящей к древним временам.

История гипербарической медицины была тесно связана с развитием технологий подводной деятельности и познанием физических законов и физиологических механизмов дыхания кислородом под давлением выше атмосферного.

Можно выделить три периода:

*Время открытий:* от Ренессанса к эпохе Просвещения;

*Время гипербарической терапии:* от середины XIX до начала XX века;

*Практическая гипербарическая медицина на научной основе:* со второй половины XX века.

### 1.1. Время открытий

С началом Ренессанса расцвели наука и техника.

Главные вехи научного прогресса: в 1644 г. Торичелли изобрел барометрическую трубку; в 1653 г. Паскаль подтвердил изменения барометрического давления с высотой и открыл законы гидростатики; Бойль (1661 г.) и Мариотт (1676 г.) открыли закон, связывающий объем и давление идеального газа; в 1755 г. Блэк открыл двуокись углерода; в 1775 г. Пристли открыл кислород; и в 1789 г. Лавуазье описал феномен окисления.

Подводная деятельность была представлена мелководными погружениями, ограниченными по времени длительностью апноэ и зоной четкого обзора. Однако в XVI веке появилось множество идей и проектов, таких как дыхание через трубу между дайвером и поверхностью, предложенная Леонардо да Винчи и позднее несколько измененная Борелли. В 1690 г. Edmund Halle предложил систему водолазного колокола, воздух в котором обменивался посредством кожного шланга из бочек с воздухом, погруженных на дно при помощи утяжелителей. Приблизительно в это же время (1662 г.), в Лондоне, Henshow первым придумал использовать атмосферное давление как средство лечения. Denis Rappin предложил использовать меха для постоянного накачивания свежего воздуха в водолазный

колокол. В 1791 г. англичанин Smeaton, главный инженер восстановления мостовых пирсов в Гексхэме, первым построил камеру в виде стальной бочки, наполняемую сжатым воздухом насосами, установленными на барже. Этот изобретенный в XVIII веке принцип камеры под давлением используется до сих пор. В тот же период Freminet разработал полностью закрытый водолазный костюм со шлемом, в которые сжатый воздух подавали по шлангу от мехов на поверхности.

## **1.2. Время гипербарической терапии**

Терапевтическое применение гипербарического кислорода началось во Франции между серединой XIX и началом XX веков. В 1834 г. Junod описал положительный эффект действия кислорода под высоким давлением на человека. Pravaz в Лионе и Tabarie в Монпелье сообщили о положительном эффекте погружения в сжатый воздух при различных заболеваниях. В 1876 г. Fontaine построил мобильную гипербарическую операционную, в которой 27 операций выполнил Pean. С 1860 г. в Европе было открыто удивительное количество центров (среди них Амстердам, Баден-Баден, Брюссель, Гарлем, Лондон, Малверн, Милан, Москва, Мюнхен, Одесса, Стокгольм, Вена); первая камера в Канаде была построена в Ашаве. Самую большую камеру построил в Кливленде (США) Cunningham. Она была в 6 этажей высотой и вмещала 72 комнаты. Проект был неудачным, так как отбор пациентов не имел клинических или научных показаний.

Среди людей, оказавших влияние на историю гипербарической медицины, наиболее известен Paul Bert. Его работа «Барометрическое давление» (1878 г.) широко известна и является фундаментальной. Он изучил эффекты ГБО, открыл токсическое действие высокого давления на живые организмы и настойчиво предупреждал об опасности судорог. Он пришел к заключению, что во избежание вредных эффектов кислород не следует ингалировать в концентрации выше 60% при 1 атм. Впоследствии токсическое действие кислорода на нервную систему было названо «эффект Поля Берта». Вскоре после этого Lorrain Smith в Эдинбурге описал влияние кислорода на легкие. Приблизительно в то же время, в 1895 г., Haldan выполнил эксперимент по влиянию CO на напряжение кислорода, в результате чего рекомендовал применять ГБО для лечения отравлений CO.

## **1.3. Практическая гипербарическая медицина на научной основе**

### **1.3.1. За последние десятилетия развитие получили многие направления**

Растущее количество экспериментов на животных улучшило понимание эффектов и физиологических последствий ГБО: ее способность повышать доставку кислорода к тканям, ее влияние на васкуляризацию и анаэробные бактерии, ее активность как средства защиты от инфекции и ее вклад в заживление ран.

[ . . . ]

Часть I

**Физические  
и патофизиологические  
основы лечения  
гипербарическим кислородом**

*Редакторы:*

*Б. Ратценхофер-Кменда, Ю. Нииникоски, М. Гамильтон Фарелл*

# 1.1. Физика гипербарического давления

## В. Уилслау

*Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin*

**Краткое содержание:** в рамках этой книги представлен обзор общих характеристик газов (содержание, давление и плотность, состав воздуха) и характеристики кислорода, азота и двуокиси углерода как основных компонентов воздуха. Приведена информация, касающаяся основных законов газа Бойля и Амантона, уравнение универсального газа, закон газа Дальтона и Генри и законы диффузии (Фика). Кроме того, описаны принципы адиабатического процесса (эффект Жюля-Томсона и адиабатическая декомпрессия).

**Ключевые слова:** моль, молекулярный вес, число Авогадро, число Лошмидта, закон Авогадро, давление, единица давления, плотность, воздух, кислород, азот, двуокись углерода, закон Бойля, закон Бойля–Мариотта, закон Амантона, закон Грэхэма, закон идеального газа, уравнение универсального газа, закон Дальтона, парциальное давление, фракция, закон Генри, коэффициент растворимости Бунзена, диффузия, Первый закон диффузии Фика, Второй закон диффузии Фика, адиабатический процесс, эффект Жюля-Томсона, адиабатическая компрессия, адиабатическая декомпрессия.

## 1. Характеристики газов

### 1.1. Основы

#### Молекулярный вес

1 моль вещества (атомов, ионов, молекул или единиц формулы) есть молекулярный вес вещества в *граммах*, например 1 моль кислорода ( $O_2$ , молекулярный вес 32) весит 32 г.

#### Число Авогадро

Число Авогадро ( $6,022 \times 10^{23}$ ) есть приблизительное число частичек (атомов, ионов, молекул или единиц формулы), содержащихся в 1 моле вещества. В немецкоговорящих странах эта константа также известна как число Лошмидта.

#### Закон Авогадро

Закон Авогадро утверждает, что равные объемы газа, при одинаковых температуре и давлении содержат равное число молекул. При стандартных условиях ( $0\text{ }^\circ\text{C}$ , 1,013 бар) объем любого газа составляет 22,42 л/моль.

## 1.2. Давление

Давление есть сила, приложенная к поверхности, и концентрация этой силы в данной площади. Палец можно упереть в стену без какого-либо эффекта, однако тот же палец, приложенный к канцелярской кнопке, может легко повредить стену, даже если приложена точно такая же сила, так как она во втором случае сконцентрирована на меньшей площади. Более формально, давление (символ:  $P$  или  $p$ ) есть мера нормального компонента силы, действующей на единицу площади.

**Таблица 1.1—1.** Единицы давления

1 Па	Паскаль (единица СИ)	=	1	Ньютон/м <sup>2</sup> (= Н/м <sup>2</sup> )
1 кПа	Килопаскаль (единица СИ)	=	1000	Н/м <sup>2</sup>
1 МПа	Мегапаскаль (единица СИ)	=	1000000	Н/м <sup>2</sup>
			100000	Па
			100	кПа
1 бар	бар (принято в СИ)	=	0,1	МПа
			750,06	мм рт. ст.
			14,5	пси
			1,013	бар
			760	мм рт. ст.
1 атм	Физическая атмосфера	=	1,033	кр/см <sup>2</sup> (=ат)
1 ата	Абсолютная атмосфера		14,696	пси
			10,08	метров над уровнем море
			33,07	футов над уровнем моря (=fsw)
			33,90	футов над уровнем пресной воды
1 мм рт. ст.			Миллиметров ртути	133,32 Па
1 psi	Футов на квадратный дюйм	=	0,069	бар
1 psig	psi манометрического давления			

В литературе встречаются разные единицы давления, даже несмотря на существование в течение многих лет международно согласованной стандартизированной номенклатуры. Согласно этой международной стандартизации (СИ), следует применять единицы Паскаль [Па], Килопаскаль [кПа] или Мегапаскаль [МПа] (единицы СИ), единица Бар [бар] приемлема. Тем не менее в гипербарической медицине вы все еще встретите старые единицы (ата) или имперские (psi, fsw). Во многих странах для измерения АД или газов крови все еще используют мм рт. ст.

## 1.3. Плотность

Плотность (символ:  $\rho$  = греческая буква «ро») есть мера массы на единицу объема. Чем больше плотность объекта, тем больше его масса в объеме. Средняя плотность объекта равна его общей массе, деленной на его общий объем.

Практическое замечание: плотность газа (в дополнение к вязкости) является важным фактором, влияющим на сопротивление дыханию при вдыхании различных газов.

Таблица 1.1–2. Плотность различных газов и воздуха

Газ	Плотность при 0 °С и 101,3 кПа [кг/м <sup>3</sup> ]
Гелий (He)	0,17868
Азот (N <sub>2</sub> )	1,25060
Двуокись углерода (CO <sub>2</sub> )	1,97690
Кислород (O <sub>2</sub> )	1,42895
Воздух (смешанный газ)	1,29300

## 1.4. Воздух

Атмосферный воздух представляет собой газообразную смесь различных газов (см. табл. 1.1–3). Для гипербарической практики достаточно точным будет утверждение, что воздух состоит из смеси ~ 21% кислорода + ~ 79% азота (включая ~ 1% благородного газа *аргона*, который ведет себя так же, как азот). Фракция CO<sub>2</sub> пренебрежимо мала. CO<sub>2</sub> важен только в выдыхаемом газе, где его количество при атмосферном давлении (= нормобарическом) составляет ~ 4%.

Таблица 1.1–3. Состав воздуха

Газ	Объемный % в воздухе
Азот (N <sub>2</sub> )	78,1
Кислород (O <sub>2</sub> )	20,93
Двуокись углерода (CO <sub>2</sub> )	0,038 (см. выше)
Аргон (Ar)	0,93
Неон (Ne)	0,0018
Гелий (He)	0,00053
Криптон (Kr)	0,00011
Водород (H <sub>2</sub> )	0,00005
Ксенон (Xe)	0,000008
Озон (O <sub>3</sub> )	0,000002
Водяной пар (H <sub>2</sub> O)	(см. ниже)

Водяной пар — очень вариабельный компонент воздуха. При высоких температурах воздух может содержать большее количество водяного пара. Единица «% относительной влажности» зависит от температуры. Как и другие газы в воздушной смеси, водяной пар продуцирует давление газа (pH<sub>2</sub>O). При 37 °С и 100% относительной влажности (= 100% насыщение водяными парами) pH<sub>2</sub>O равно 47 мм рт. ст.

### 1.4.1. Кислород

Открытый Джозефом Пристли в 1774 г. кислород при температуре и давлении окружающей среды является газом без цвета, вкуса и запаха. Он состоит из двухатомной молекулы с химической формулой O<sub>2</sub>, и молекулярным весом 32. Кислород является основным компонентом воздуха, необходимым для аэробного дыхания. Это второй по объему компонент атмосферы

[ . . . ]