

Профессор
Бекман Игорь Николаевич

МЕМБРАНЫ В МЕДИЦИНЕ

Курс лекций

Лекция 2. ВОЗДУШНЫЕ СМЕСИ ГАЗОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Внутренняя среда организма дышащих воздухом животных и человека наиболее открыта для газообразных веществ, транспорт которых в тканях происходит путём простой диффузии. Газы определяют свойства внешней среды, являющейся основой биосферы Земли. Особенности строения и проницаемости биологических мембран (которые всегда проницаемы для газов, в большей или меньшей степени) дают основания утверждать, что изменения состава или физической характеристики газовой среды обитания приводит к изменению состава и физических характеристик внутренней среды организма. Подвижность физических характеристик внутренней среды организма, связанных с изменением газового состава и давления, открывает большие возможности для коррекции разных патологических состояний, достижения тренировочных эффектов, для фундаментальных физиологических исследований. Эффекты изменения давления и состава дыхательных газовых сред изучает гипербарическая физиология, являющаяся частью эволюционной и экстремальной физиологии.

1. ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДУШНЫЕ СМЕСИ

Организм человека идеально приспособлен к современному состоянию атмосферы.

Напомним, что в атмосфере азот является основной составляющей (на его долю приходится примерно 78% состава атмосферы, еще 20,9% занимает кислород, 0,9% - аргон, остальная часть атмосферы состоит из углекислого газа, водорода, неона, гелия, криптона, ксенона и других газов). В природных условиях можно найти места со значительно меньшим содержанием кислорода в воздухе (например, в горах или загазованной городской улице). Но поиск мест с требуемым содержанием кислорода проблематичен. Технически же легко получить воздух любого состава (от чистого кислорода до чистого азота). Такие искусственные «воздушные» смеси нашли применение в промышленности и медицине.

В настоящее время, газовые смеси, представляющие собой воздух с повышенным или пониженным содержанием кислорода, достаточно широко используются в медицине. Они применяются для проведения кислородной терапии; кислородной-мезотерапии; кислородной-ароматерапии; кислородно-гелиевой терапии; озono-кислородной терапии, терапии горным воздухом; кислородно-синглетной терапии и др. Внедрение в медицину газовой терапии потребовало создания аппаратуры для генерации воздушных смесей заданного состава (воздуха, обогащённого или обеднённого кислородом), общего давления, влажности и температуры. Были предложены устройства, работающие на разных физических и химических принципах, но наибольшее применение в медицине получили методы, основанные на мембранной технологии или короткоцикловой (качающейся) адсорбции. В связи со спецификой настоящей работы далее мы уделим основное внимание мембранным методам переработки газовых смесей.



Рис. 1. Мембранный генератор, много лет снабжающий чистым азотом Химфак МГУ.

В последнее десятилетие прошлого века и в начале нового широкое распространение получили аппараты и устройства для разделения газовых и парообразных смесей различного состава на основе мембранных технологий. Существуют аппараты для разделения воздуха на азот 95-98% и кислород 33-42% на основе полимерных мембран, которые по своим технико-экономическим показателям значительно превосходят баллоны высокого давления (150 атм), заполненные азотом получаемым по традиционной криогенной технологии. Удобство получения азота *in situ* связано с отсутствием дополнительных транспортных расходов на перевозку баллонов высокого давления и независимость от поставщика. Баллоны неудобны в обращении. К тому же средняя стоимость одного литра полученного мембранным способом азота на 50% дешевле традиционного криогенного, даже

без учета транспортных расходов. Следует также помнить, что кислородные и азотные баллоны высокого давления требуют определённой квалификации при их эксплуатации, кислородные баллоны к тому же взрыво- и пожаробезопасны. Всё это сдерживает использование подобной техники непосредственно в жилых помещениях. Мембранные аппараты, добывающие кислород или азот непосредственно из окружающей атмосферы, лишены этих недостатков. Именно мембранные аппараты позволили внедрить воздушную терапию в практику домашнего лечения.

Производительность и селективность (чистота продукта) мембранных аппаратов зависит от величин коэффициентов проницаемости разделяемых газов. По этому параметру газы делятся на «быстрые» и «медленные».

Скорость проникновения газов через вещество мембраны

Быстрые газы

Медленные газы

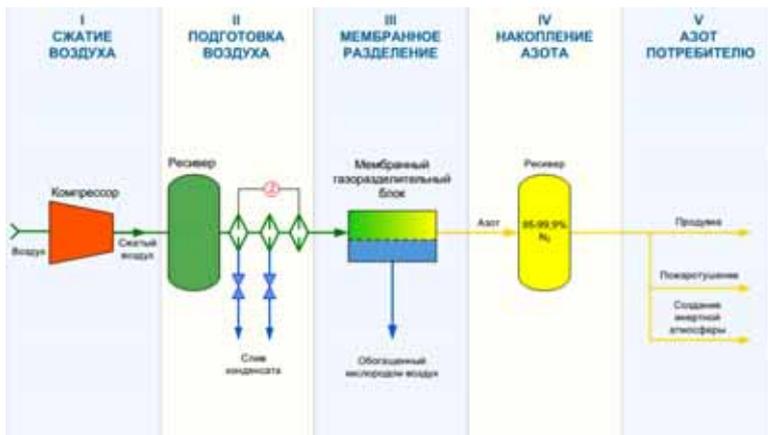


Рис. 2. Мембранная азотная установка

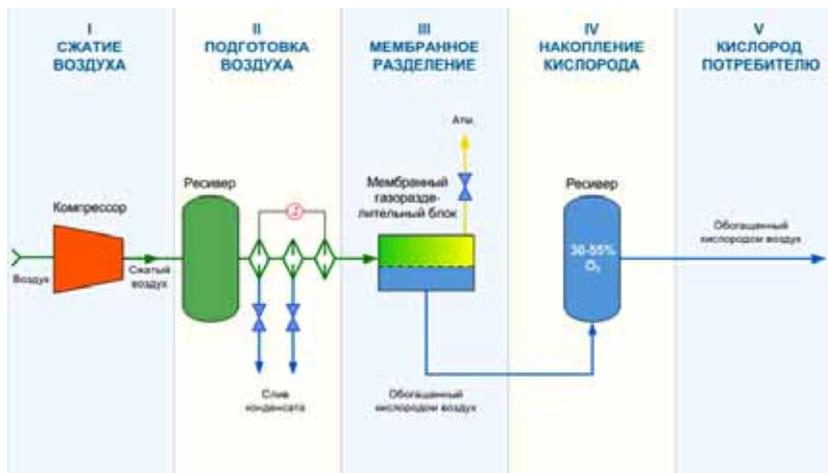


Рис. 3. Мембранная кислородная установка.

Схемы промышленных мембранных установок, предназначенных для генерации азота и кислорода в больших масштабах приведены на Рис. 2 и Рис. 3, соответственно.

Мембранные технологии, естественно, не являются единственными в производстве азота и кислорода из атмосферного воздуха. Существуют и другие методы, так или иначе конкурирующие с мембранными. Сферы применения именно мембранных способов иллюстрируются Рис. 4 и Рис. 5.

Далее нас в основном будут интересовать маломощные генераторы медицинского назначения, приспособленные к использованию в домашних условиях.

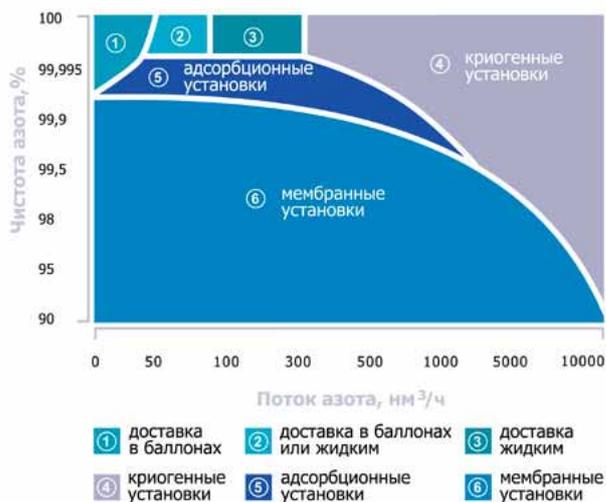


Рис. 4. Экономическая целесообразность применения мембранной технологии для производства азота (N₂).

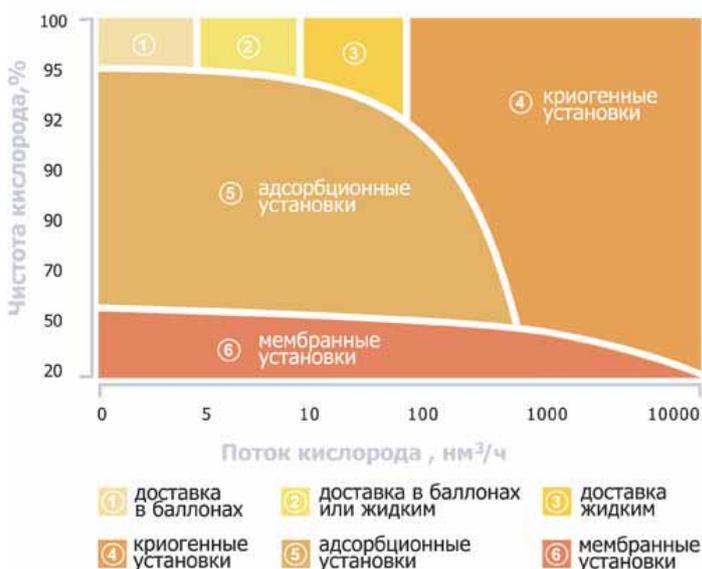


Рис. 5. Экономическая целесообразность применения мембранной технологии для производства кислорода (O₂).

2. ГИПОКСЕМИЯ И ГИПОКСИЯ

Воздушные смеси, прежде всего, применяются для борьбы с гипоксией и гипоксимией. При этом возникает кажущееся противоречие: терапия проводится воздухом, **обогащённым** кислородом (вплоть до чистого кислорода) и воздухом, **обеднённым** по кислороду (примерно в два раза по сравнению с атмосферным). Для разрешения этого противоречия поясним понятия гипоксии и гипоксемии.

Гипоксемия - симптом ряда заболеваний, к которым относятся: эмфизема, хронический бронхит, астма, профессиональные заболевания легких, рак легких, фиброз, застойная сердечная недостаточность и др.

Гипоксия - кислородное голодание, кислородная недостаточность, значительное снижение содержания кислорода в крови.

Возникающее при гипоксии патологическое состояние обуславливается тем, что поступление кислорода к тканям или способность тканей использовать кислород оказывается ниже, чем их потребность в нём. Вследствие этого в жизненно важных органах развиваются необратимые изменения. Наиболее чувствительны к кислородной недостаточности центральная нервная система, мышца сердца, ткани почек, печени. Кислородная недостаточность может быть обусловлена снижением содержания кислорода во вдыхаемом воздухе, например при подъёме на высоту (высотная болезнь). Она же возникает при затруднении проникновения кислорода в кровь из органов дыхания вследствие их заболеваний и нарушения проводимости дыхательных путей или при расстройстве дыхания. Гипоксия, возникающая при уменьшении количества гемоглобина, способного присоединить кислород, развивается при кровопотерях, отравлении оксидом углерода, при радиационных воздействиях. Тканевая гипоксия связана с изменениями активности

дыхательных ферментов, вследствие чего ткани не могут использовать кислород, содержащийся в омывающей их крови (развивается при нарушениях обмена витаминов, при отравлениях некоторыми ядами, например цианидами). Гипоксия встречается при целом ряде таких отягощенных, но физиологических состояний организма, как внутриутробный период развития плода в организме матери, тяжелая физическая работа, повышенная активность у спортсменов, гипоксия после приема обильной пищи, гипоксия стареющего организма.

Выделяют следующие виды гипоксии:

1. Гипоксическая гипоксия (гипоксемия). Основной признак - низкое напряжение кислорода в артериальной крови и, как следствие, недонасыщение кислородом гемоглобина и понижение содержания кислорода в артериальной крови.
2. Анемическая гипоксия (гемическая). Напряжение кислорода в артериальной крови нормальное при уменьшении (недостатке) гемоглобина.
3. Застойная гипоксия (циркуляторная) В артериальной крови имеется достаточное количество гемоглобина и нормальное напряжение кислорода, но количество поступающей в ткани крови не обеспечивает кислородный запрос.
4. Гистотоксическая гипоксия (гипоксидоз). Нарушена функция ферментов дыхательной цепи, и потому поступающий к тканям кислород не может использоваться в процессах окисления.

Гипоксия - состояние, развивающееся вследствие снижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе.

Наиболее серьезными болезнями, связанными с недостатком кислорода в организме, являются хроническая гипоксемия, хроническое обструктивное заболевание лёгких (ХОБЛ) и бронхиальная астма.

ХОБЛ включает эмфизему, хронический бронхит и другие заболевания, связанные с затрудненной проходимость дыхательных путей. Курение - основная причина развития ХОБЛ. Среди причин смертности, ХОБЛ занимает четвертое место в мире (после сердечных заболеваний, рака и инсульта). Это заболевание приводит к снижению функции легких и может быть необратимо. Снижение функции лёгких (ограниченность притока воздуха) ведёт к аномальной воспалительной реакции лёгких на вредные частицы или газы. Характерные симптомы ХОБЛ: кашель, выделение мокроты, учащенное дыхание (одышка) в течение многих лет могут предшествовать развитию ХОБЛ. ХОБЛ - трудно диагностируемое и трудно излечимое заболевание.

Астма - хроническое респираторное состояние, обусловленное затруднением дыхания из-за воспаления легких и обструкцией дыхательных путей. Во время приступа приток и отток воздуха из легких может блокироваться сжатием бронхов (бронхиальных мышц), их опуханием и большим количеством слизи. Больные астмой реагируют на различные раздражители, такие как аллергены, стресс, инфекции, холодный воздух и физические упражнения, которые могут спровоцировать астматический приступ. Во время приступа дыхательные пути сужаются и опухают, вызывая свистящее дыхание, кашель и затрудненность дыхания. Астма - хроническое заболевание, но состояние больного можно облегчить.

Лечение этих болезней проводят методами кислородной терапии, т.е. путём введения в организм пациента дополнительного количества кислорода.

Здесь, однако, следует учесть одно важное обстоятельство.

В учебниках и руководствах гипоксия определяется как патологический процесс, возникающий в результате недостаточного снабжения тканей кислородом или нарушения использования его тканями. Неправильное понимание этого постулата привело к распространенной даже среди медиков ложной установке о том, что кислород всегда и только полезен, а его недостаток всегда и только вреден для здоровья человека. Вместе с тем уже давно существует точка зрения, что состояние гипоксии периодически возникает при естественной деятельности организма. Причинами периодического возникновения физиологической гипоксии может быть тяжелая физическая работа и пребывание в горных районах. Периодическая физиологическая гипоксия развивается не только при интенсивной деятельности какой-либо системы организма, но и в условиях относительного покоя, о чем свидетельствует постоянное наличие молочной кислоты в крови. Следовательно, периодическая гипоксия может возникать как в состоянии покоя, так и при напряжении функций органов и систем, что обуславливает постоянную «тренировку» компенсаторных реакций, обеспечивающих устранение возникшего кислородного голодания.

Поскольку кислородное голодание органов и тканей является либо причиной, либо важным механизмом развития патологических состояний, тренировка с целью увеличения функциональных резервов компенсаторных антигипоксических реакций рассматривается как один из немедикаментозных способов в системе профилактики, лечения и медицинской реабилитации. При этом методика может обозначаться как

термином «гипоксическая тренировка», так и термином «гипокситерапия». Первый используется в случае коррекции состояний здорового человека, а второй - при лечении и реабилитации больных.

Влияние недостатка кислорода на организм человека и животных в связи со значительной ролью гипоксии практически во всех патологических процессах постоянно привлекает внимание исследователей различного профиля. В мировой литературе накоплены обширные сведения, касающиеся путей приспособления организма к дефициту кислорода, и, тем не менее, вопрос о влиянии кислородной недостаточности на организм - актуальная медико-биологическая проблема, решение которой направлено на поиск различных средств борьбы с гипоксией.

Гипоксия является более мощным сосудорасширяющим фактором для коронарных сосудов, чем нитрит натрия, амилнитрит, гистамин и ксантиновые дериваты.

Известно, что гипоксия часто становится фактором, от которого зависит жизнь больного в терминальном состоянии, наряду с этим гипоксический стимул в определенных пределах активизирует деятельность жизненно важных систем. Это свойство гипоксии в настоящее время широко используется с целью повышения уровня неспецифической резистентности, в результате чего стимулируется деятельность различных систем организма, принимающих участие в сохранении кислородного гомеостаза. В условиях умеренной гипоксии компенсаторные механизмы позволяют в довольно широких пределах поддерживать напряжение кислорода на уровнях, адекватных каждому из этапов его транспорта.

При профилактике гипоксии пациент дышит воздухом, обеднённым кислородом.

3. КИСЛОРОДНАЯ ТЕРАПИЯ

Для лечения и профилактики симптомов и проявлений гипоксемии применяют кислородную терапию, т.е. снабжение пациента кислородом в более высокой концентрации, чем в атмосферном воздухе.

Кислородная терапия - оксигенотерапия - искусственное введение кислорода в организм человека с лечебной целью.

Кислородную терапию применяют для лечения заболеваний, сопровождающихся гипоксемией (болезни сердечно-сосудистой системы; пневмонии, эмфизема лёгких; высотная болезнь; отравление удушающими газами — хлором, фосгеном и др.), а также при лечении некоторых гнойно-гнилостных процессов мягких тканей (гангрена) и др. Физиологическое действие кислорода многостороннее, но решающее значение в лечебном эффекте имеет возмещение дефицита кислорода в тканях при гипоксии. У больных с дыхательной недостаточностью при введении кислорода повышается его напряжение в альвеолярном воздухе и в плазме крови, в результате уменьшается одышка, возрастает концентрация оксигемоглобина в артериальной крови, снижается метаболический ацидоз за счет уменьшения количества недоокисленных продуктов в тканях, падает содержание катехоламинов в крови, что сопровождается нормализацией артериального давления и деятельности сердца.

Длительная кислородная терапия - это признанный стандарт лечения пациентов с хронической гипоксемией, хроническим обструктивным заболеванием лёгких (ХОБЛ) и бронхиальной астмы.

Для кислородной терапии применяют как чистый кислород, так и смесь его с воздухом или с диоксидом углерода (5—7%), так называемый карбоген. Кислород вводят в организм ингаляционным путем, подкожно, внутривенно, через кишечник (для изгнания глистов) и т.д. Для кислородной терапии используют катетеры, маски, кислородные подушки, специальные ингаляторы, кислородные палатки и тенты. Применяют также лечение кислородом под повышенным давлением - гипербарическую оксигенацию.

Больные хронической гипоксемией должны использовать кислород постоянно, в течение продолжительного времени. Кислород рекомендуется использовать и в домашних условиях. С медицинской точки зрения это эффективно, безопасно и экономически выгодно. Оптимальный выбор оборудования для пациента зависит от нескольких требований, включая необходимый уровень потока кислорода, возможность обеспечения доставки и мобильность пациента. Кислородные концентраторы наиболее эффективны при проведении кислородной терапии на дому. Их преимущества: надежность, безопасность, экономическая выгода, простота и удобство в использовании. Кислородные концентраторы не нуждаются в дозаправке и сложном обслуживании. Им достаточно обычной электрической сети.



Рис. 6. Концентратор кислорода Vitmos OXY 6000 адсорбционного типа.

Кислородные концентраторы выпускаются многими странами.

Примером является немецкий Vitmos (Производительность кислорода: 0 - 6 л/мин, насыщенность потока O₂: при производительности v= 1-4 л/мин: 95%; при v= 4-5 л/мин: 85%, при v= 5-6 л/мин: 75%). Применяется в клинических и амбулаторных условиях, для проведения длительной кислородной терапии больным с дыхательной недостаточностью, для оказания неотложной помощи, для проведения различных лечебных и профилактических процедур, для изготовления кислородного фито коктейля (в домашних условиях, поликлиниках и стационарах); работает круглосуточно.

Предполагаемый суммарный эффект проведения длительной кислородной терапии равняется 10-15 годам увеличения жизни больного. При условии проведения кислородотерапии 15-21 час в сутки достигаются наиболее позитивные результаты. У пациентов при проведении длительной кислородной терапии улучшается общее состояние, увеличивается эффективность применения лекарственных препаратов, понижается число обращений за медицинской помощью, уменьшается число госпитализаций в год и длительность пребывания пациентов на стационарном лечении. Пациент остаётся социально активным, продолжает работу в офисе, выполнять домашнюю работу, заниматься садоводством и путешествовать.

Другой способ коррекции кислородной недостаточности - синглетно-кислородная терапия, основанная на биологическом действии синглетного кислорода, образующегося в результате активации воды ультрафиолетовым излучением. Синглетно-кислородная смесь используется для ингаляций, приготовления лечебных коктейлей, внутривенного введения. Физико-химическая концепция синглетно-кислородной терапии базируется на фотохимической сенсбилизации воздуха и воды с созданием в активационной камере медицинского аппарата- синглетного кислорода – высоко реактивного вещества с очень коротким (2 - 10 микросекунд) периодом полураспада. Вследствие трансформации синглетного кислорода образуются вторичные долгоживущие физиологически активные синглетно-кислородные факторы, вызывающие цепь биохимических и биофизических реакций внутри клеток, нормализуют обменно-окислительные процессы и обновляют природное антиоксидантное состояние человека.

Сегодня на рынке представлен прибор синглетно-кислородной терапии – AIRNERGY. Этот аппарат применяется для постоянного преобразования атмосферного кислорода в его высокоактивное состояние - физиологически активную форму кислорода, которую признаёт организм. Устройство заставляет синглетный кислород возвращаться к своему основному состоянию, которое доступно для организма. Полученная энергия гарантирует улучшение использования кислорода в организме и положительно воздействует на многие физические функции без дополнительного снабжения кислородом или какими-либо добавками.

Синглетно-кислородная терапия применяется для лечения и профилактики заболеваний, проведения курса реабилитации больных и здоровых людей (в т.ч. спортсменов) в таких отраслях как: пульмонология, кардиология, эндокринология, неврология: травматология и ортопедия, дерматология, иммунология, инфектология, хирургия, радиология, нефрология, урология, акушерство и гинекология, геронтология, спортивная медицина.

Для приготовления синглетно-кислородной пенки может быть использован аппарат «МИТ-С», который осуществляет активацию паров дистиллированной воды жестким ультрафиолетовым излучением. Применение синглетно-кислородных смесей целесообразно для профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с нарушением окислительно-восстановительных процессов в организме и нарушением аэробного обмена. Наличие в организме синглетно-кислородной смеси приводит к увеличению количества свободных радикалов и активизации биохимических процессов в организме. Аппарат применяется для лечения, профилактики и реабилитации заболеваний бронхо-легочной системы (бронхиальная астма, бронхиты); сердечно-сосудистой системы (ревматизм, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность и недостаточность кровообращения и др.); неврологические болезни (патология сосудов головного мозга, диэнцефальный синдром, вегето-сосудистая дистония, неврозы, астенические состояния).

В последнее время кислородная терапия (кислородная мезотерапия, мезотерапия без игл) нашла применение в косметологии. Действие процедуры основано на том, что клетки эпидермиса - поверхностного слоя кожи - получают кислород не с кровью, а непосредственно из воздуха. Воздух содержит 16-20% кислорода. Если увеличить концентрацию кислорода (до 98%), то скорость кислородного обмена в клетках эпидермиса тоже увеличится. Это приводит к изменению характеристик клеточной мембраны, вследствие чего, повышается проницаемость рогового слоя и возрастает усвоение активных веществ косметических препаратов, которые и после процедуры длительное время питают и обогащают кожу. При этом нормализуется обмен веществ, ускоряются процессы регенерации, восстанавливается здоровый вид кожи.

В отличие от традиционного мезотерапевтического введения препарата, кислородная мезотерапия заключается в точечном воздействии на кожу высокоскоростной струей чистого кислорода ("кислородная игла"). В отличие от обычной иглы, протыкающей кожу, струя кислорода не нарушает целостности рогового

(поверхностного) слоя, а значит, проблема введения активных препаратов в самые глубокие слои эпидермиса решается принципиально отличным от инъекционного способа путем. Метод позволяет ускорить введение активных препаратов в самые глубокие слои эпидермиса за счет увеличения парциального давления кислорода. Это стало возможным благодаря сочетанию грамотно подобранных технических характеристик системы подачи кислорода и использования уникальной низкомолекулярной косметики.

Кислородная терапия применяется для коррекции мимических морщин; лечения акне и гиперпигментации, уменьшения отеков и темных кругов под глазами, увлажнения и омоложения сухой и стареющей кожи, лечения целлюлита. Благодаря кислородной терапии многократно возрастает эффект любых косметических процедур. Результаты достигаются значительно быстрее и сохраняются в 2-3 раза дольше, чем при классической технике. Кислородная мезотерапия подходит для всех возрастных групп, как для женщин, так и для мужчин, и применяется для ухода за всеми типами кожи лица и тела: нормальной, сухой, жирной, зрелой, "стрессовой", "уставшей". Она использует три метода: безыгольные кислородные инъекции; кислородный спрей (орошение); кислородная ингаляция.

Самообразующаяся плёнка, насыщенная пузырьками кислорода, вытягивает загрязнения из верхних слоев кожи, освобождает поры от скопившегося сального секрета. Комплекс «волшебных пузырьков» - это технология, благодаря которой сразу после нанесения маски на кожу начинают образовываться кислородные пузырьки. Появляется нежная, обильная пена, которая вызывает ощущение легкого приятного массажа, способствует улучшения лимфодренажа, а так же вытягивает все загрязнения, скопившиеся в порах. Специальный комплекс насыщает клетки кожи кислородом, возвращая ей силу и здоровье. У отягощенной влиянием внешних раздражающих факторов кожи появляется ощущение комфорта и снятия напряжения. Биоактивный комплекс масла подсолнуха, лимона, папайи и портулака питает кожу, способствует смягчению кожи и очищению. Маска эффективно очищает кожу от токсинов.

Обогащение воздуха кислородом используется не только для лечения хронических лёгочных больных, но и для улучшения самочувствия всего населения. Кислород в помещениях – новый способ улучшения качества жизни, подорванного всеобщим ухудшением экологической обстановки. Стандарт концентрации кислорода в воздухе составляет 19 - 21%. Однако, это только в малонаселённых районах, где нет крупных предприятий и много лесных массивов и водоёмов. В городах же количество кислорода значительно меньше - 15%. А во времена циклонов, при пониженном атмосферном давлении - концентрация кислорода уменьшается до 12%, и человек испытывает явное кислородное голодание: он ощущает недомогания, целый ряд болезней и ухудшение настроениями.



В повседневной жизни мы часто сталкиваемся с ситуациями, когда, находясь продолжительное время в закрытом помещении, испытываем чувство усталости, сонливость. Как правило, это происходит из-за недостатка кислорода в окружающем воздухе. Слабая вентиляция или ее отсутствие в современных воздухонепроницаемых домах приводят к снижению концентрации кислорода в воздухе, что влечет ухудшение нашего самочувствия.

Рис. 7. Схема мембранного модуля в кондиционере с функцией обогащения кислородом воздуха помещений.

Результаты исследований подтвердили зависимость хорошего самочувствия и ощущения комфорта от концентрации кислорода в воздухе. Люди, вдыхающие воздух с достаточной концентрацией кислорода (21%) чувствуют себя гораздо лучше, чем люди, дышащие воздухом с пониженной концентрацией кислорода: при уровне концентрации кислорода 16-18% у человека учащаются пульс и дыхание, при более низких показателях появляются опасные симптомы: повышение температуры и головные боли.

Пыль, выхлопные газы, продукты деятельности промышленных предприятий в сочетании с токсинами и табачным дымом, аллергенами, запахами синтетических покрытий и т.п. наполняют ту атмосферу, которой мы дышим и дома и на работе. Эту проблему решает качественный воздухоочиститель. Однако даже самый чистый воздух не создаст комфортных условий дыхания, если в нем недостаточно кислорода. Поэтому промышленность выпускает кондиционеры, снабжённые генераторами кислорода, обеспечивающими требуемый химический состав воздуха в помещении. Примером кондиционера с функцией обогащения воздуха кислородом является O2 Shower фирмы Panasonic. Используя мембранную систему обогащения

воздуха кислородом, кондиционер забирает воздух с улицы, увеличивают содержание кислорода до уровня 21% и подаёт его в помещение. Это создает ощущение свежести и комфорта.

Кондиционеры с генератором кислорода оснащены кислородобогащающей мембраной, расположенной во внешнем блоке кондиционера. Мембрана (силикон, толщина непористого рабочего слоя 0,1 мкм) хорошо пропускает кислород. Во время работы кондиционера на одной из сторон мембраны создается вакуум, обеспечивая поступление воздуха извне. Кислород и азот, содержащиеся в воздухе, проходят через мембрану. При этом скорость прохождения кислорода через мембрану в 2,5 раза больше, чем у азота. В результате концентрация кислорода в воздухе, поступающем во внутренний блок кондиционера, достигает примерно 30%, а его концентрация в помещении - 21%. Обогащенный кислородом воздух наполняет помещение, обеспечивая оптимальный баланс кислорода для жизнедеятельности человека.

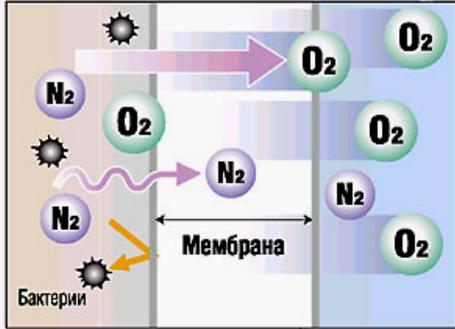


Рис. 8. Принцип действия селективной мембраны по разделению воздуха

Другой пример - генератор кислорода AIRION, который совмещает в себе воздухоочиститель, с 12-ти ступенчатой системой фильтров и мембранный концентратор кислорода. Регулярное использование очистителя воздуха с генератором кислорода AIRION поможет сбросить лишний вес и омолодить кожу. Кислородная терапия также пригодится астматикам, больным, страдающим хроническим бронхитом, тяжелыми формами пневмонии. Регулярное вдыхание воздуха, обогащенного кислородом, предотвращает гипертонию и атеросклероз.

В основе работы генератора кислорода лежит принцип мембранного разделения газов. Атмосферный воздух при обычном давлении подается на полимерную мембрану. Толщина газоразделительного слоя – 0,1 микрометра. «Медленный газ» азот проникает через мембрану с меньшей скоростью, чем «быстрый» кислород. Производительность аппарата зависит от разницы парциальных давлений на внешней и внутренней поверхностях мембраны и скорости внешнего потока. На внутренней стороне мембраны давление понижено: 560 мм.рт.ст. Соотношение давлений и скорость потока подобраны таким образом, что концентрация азота и кислорода на выходе составляет 69% и 30% соответственно. Обогащенный кислородом воздух выходит со скоростью 3 л/мин. Процесс не требует регенерации мембраны или использования сменных блоков, устройство долговечно и не требует дополнительного обслуживания при эксплуатации.

Кислород можно вводить в организм разными способами: он содержится в специальных пищевых добавках, в напитках и кремах. Кислородные коктейли, представляющие собой желатин, вспененный пузырьками кислорода (пенка "кис") приобрели большую популярность, их дают даже детям в профилактических целях. В Японии, в конце 70 годов появился первый кислородный бар, где людям предлагалось просто подышать чистым кислородом. В то время, Токио считался одним из самых загазованных городов мира. Сегодня, когда уровень загрязнения атмосферы уже во многих городах значительно превосходит уровень Токио 70 годов прошлого столетия, кислородные бары, студии дыхания, оксикабинеты и т.п. приобретают всё большую популярность. Появилось новое направление ароматерапии, которое в соединении с кислородной терапией - перестало быть медицинской процедурой, а превратилось во вполне "бытовое" действие - такое, как употребление пищи.

Создание компактных и относительно дешёвых концентраторов кислорода позволило перенести кислородные бары в домашние условия (прежде всего, для производства кислородных коктейлей).

Кислородный коктейль впервые был изобретен в начале 60-х годов XX века академиком Н.Н. Сиротининым. В основу изобретения легли исследования ученых, доказавших дыхательную функцию желудка (естественный физиологический процесс, так называемое «рыбье дыхание», при котором пищеварительный тракт принимает активное участие в усвоении кислорода) и положительное его влияние на организм. Так как в норме лишь незначительная часть кислорода находится в растворенном виде и кислород обычно курсирует в организме в связанном с эритроцитами состоянии, то применение кислородного коктейля, который позволил увеличить содержание кислорода растворенного в плазме, открывало большие возможности. Сиротинин использовал кислородную пену для профилактики и лечения патологических процессов при преждевременном старении организма. При этом кислородные установки располагались только в закрытых правительственных и военных санаториях.

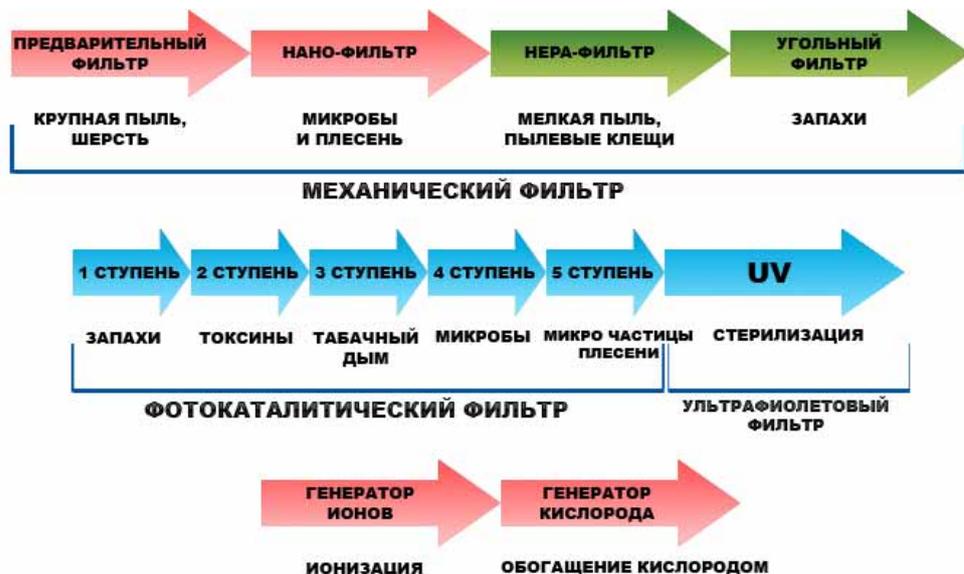


Рис. 9. Система фильтров AIRON

Постепенно кислородный коктейль получил широкое распространение и стал применяться для лечения таких состояний как гипоксия плода у беременных, гипоксия у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями, активации иммунной системы при снижении функций иммунной системы и частой болезненности, у спортсменов для восстановления сил после тренировок, при заболеваниях дыхательной системы и др.

Кислородные коктейли предназначены не только для больных, они полезны и для здоровых. Здоровье человека зависит от того, как происходят в его организме окислительно-восстановительные процессы, обусловленные тем количеством кислорода, которое поступает в организм. Интенсивные занятия спортом на свежем воздухе, обогащающие наш организм кислородом, далеко не всем под силу. Заменить их поможет кислородный коктейль, у которого противопоказания практически, равны нулю. Кислородный коктейль доставляет биоэнергетическое "топливо" прямо по назначению: доказано, что кислород наиболее активно всасывается через желудочно-кишечный тракт. Он полезен для беременных и для детей с трехлетнего возраста, дополняет завтраки и обеды в детском саду и полезен старшим детям в школе, снимая с них эмоциональные нагрузки. Кислородный коктейль запускает цепную реакцию, в результате которой организм из нерабочего или «поврежденного» состояния, переходит в нормальное «здоровое» состояние. Улучшается работоспособность, снижается утомляемость и нормализуется сон, восстанавливаются обменные процессы и т.д.

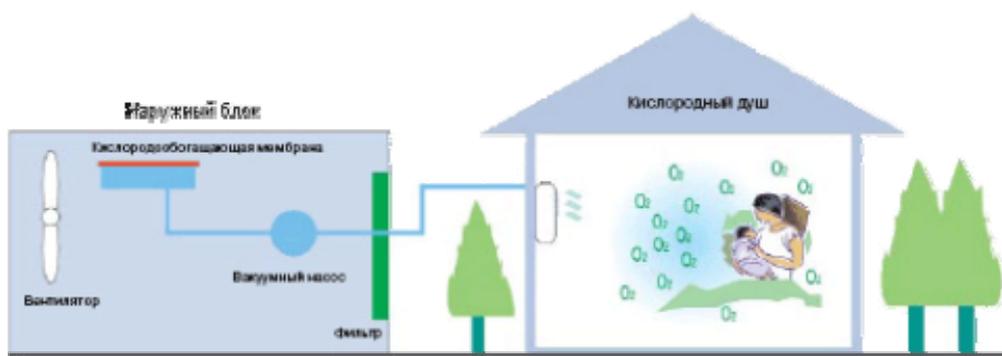


Рис. 10. Оборудование для кислородного душа.

Кислородный коктейль применяют для обогащения напитков чистым кислородом, повышения иммунитета, облегчения симптомов бронхита, лечения бессонницы и нарушений сна, здорового питания, повышения работоспособности и устранения хронической усталости, профилактики плацентарной недостаточности и гипоксии плода в составе диеты беременных, повышения выносливости во время физических нагрузок, устранения гипоксии у больных страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, лечения аскаридоза у детей. Он активизирует моторные, ферментативные и секреторные функции желудочно-кишечного тракта, нормализует микрофлору кишечника, а значит, улучшает пищеварительный процесс, ускоряет расщепление полезных веществ. Это, в свою очередь способствует лечению болезней желудка, таких как хронический колит, хронический гастрит с повышенной, нормальной и пониженной секреторной

функцией, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки. Также коктейль помогает при функциональных нарушениях центральной нервной системы, вызванных эмоциональными и физическими перегрузками, гипертонии, гипотонии, заболеваниях печени, ишемической болезни сердца, хроническом гепатите, холецистите, циррозе печени в стадии компенсации. При регулярном употреблении кислородного коктейля повышается иммунитет и работоспособность.

Набор семейного коктейлера («Семейный», «Экотель» и др.) обычно содержит баллончик с кислородом, пенообразующее вещество (сухой яичный белок, корень солодки), фитокомпоненты, витамины (экстракт шиповника), сахарную пудру. Обычно он рассчитан на приготовление в домашних условиях нескольких десятков коктейлей.

Таким образом, создание компактных, надежных и дешёвых аппаратов для кислородной терапии, рассчитанных на массового пользователя представляет актуальную проблему. Модернизация мембранных систем разделения с целью создания эффективных устройств обогащения воздуха кислородом – одна из задач настоящей работы.

4. ГОРНЫЙ ВОЗДУХ: клинические свойства

Современная лечебная и профилактическая медицина проявляет все больший интерес к проблеме неспецифической резистентности и поискам путей ее стимуляции в здоровом и больном организме.

Наряду со фармакохимическими препаратами, которые не лишены недостатков, характерных для медикаментозных средств, для повышения компенсаторных возможностей организма могут быть использованы метеорологические факторы, в частности условия высокогорья и среднегорья, где наблюдается снижение парциального давления кислорода. Так более низкие концентрации кислорода в горах обуславливают пышную растительность альпийских лугов и большую продолжительность жизни горцев.

Один из основоположников физиологии дыхания Дж. Баркрофт (1937) писал, что из веществ, необходимых для сохранения жизни и деятельности, наиболее важным является кислород. Для окисления поступающих питательных веществ в состоянии относительного покоя он потребляет в 1 минуту в среднем 200 мл кислорода (а за 1 сутки 228 л). Чтобы извлечь кислород из воздуха, в течение суток через лёгкие должно провентилироваться до 12000 л воздуха. Потребление кислорода зависит от многих факторов, в частности, от температуры тела и окружающей среды, времени суток и года, напряжения кислорода во вдыхаемом воздухе, видовых и возрастных особенностей организма.

При дыхании разреженным воздухом в организме имеются определенные резервы кислорода, позволяющие ему нормально функционировать до тех пор, пока концентрация кислорода во вдыхаемой среде не снизится настолько, что включатся механизмы компенсации. Механизмы компенсации гипоксии, возникающей в этих случаях в здоровом организме, по-видимому, генетически запрограммированы и имеют определенное приспособительное значение в формировании комплекса адаптационных реакций, направленных на повышение устойчивости организма к экстремальным факторам - резистентность.

Приспособление живого организма к постоянно изменяющимся условиям существования во внешней среде, выработанное в процессе эволюционного развития, называют – адаптацией. В ответ на действие различного количества раздражителя в организме развиваются различные по качеству адаптационные реакции. На действие слабых раздражителей (малые дозы), независимо от их качества, развивается физиологическая адаптационная реакция - реакция тренировки; на действие раздражителей средней силы (дозы) – реакция активации.

Реакцию тренировки используют для достижения противовоспалительного эффекта (острые воспалительные процессы), для снижения свертывания крови, а также в качестве защитного средства при лучевой и химиотерапии, особенно сопровождающихся выраженной лейкопенией. Реакция активации применяется в случаях сниженного воспалительного потенциала с целью его повышения – при хронических вялотекущих воспалительных процессах, при гипертонической болезни и хронической ишемической болезни сердца, при гипотонии, при опухолевой болезни, при повреждениях вследствие лечебного воздействия (массивная противотуберкулезная терапия, применение больших доз антибактериальных средств), не сопровождающихся выраженной лейкопенией.

История применения природных факторов в профилактике и лечении болезней, в том числе и горного климата, насчитывает тысячелетия. Гиппократ рекомендовал ездить в горы людям с больными легкими и тем, кто перенес тяжелое заболевание. Марко Поло, путешествуя по Азии, отмечал, что жителей долин, страдающих различными недугами, поднимают в горы, где они выздоравливают за несколько дней. На знаменитые горные курорты Швейцарии, например, Давос, уже третье столетие съезжаются тысячи

пациентов со всех концов света. Высота, на которой он расположен (1550 метров над уровнем моря), оптимальна. На больших высотах у многих возникает горная болезнь.

Первые научно обоснованные предположения о возможном благоприятном действии гипоксической гипоксии на организм были сделаны во второй половине XIX века П. Бером. Новым направлением лечебного применения гипоксии явилась разработка методики нормобарической гипоксической гипоксии. В 1939 для оценки состояния коронарного кровотока Р Леви предложил нормобарическую гипоксическую пробу: вдыхание в течение 20 мин гипоксической газовой смеси, содержащей 10% кислорода и 90% азота. В России метод известен с 1985 – он был разработан российскими профессорами Стрелковым Р. Б., Карашом Ю. М. и Чижовым А. Я. для тренировки лётчиков в условиях пониженного давления. Затем его стали применять для тренировки космонавтов. Владимир Советов, профессор водолазной медицины, обнаружил, что использование дыхательных газовых смесей специального состава предупреждает профессиональные заболевания водолазов, такие как нервный синдром высоких давлений, а также излечивает при этом хронические заболевания легких.

Горным воздухом можно лечить многие болезни - хроническую усталость, артериальную гипертензию, нарушения сна. Даже при наркомании и алкоголизме использование горного воздуха позволяет улучшить результаты лечения. Дело в том, что когда человек чем-то расстроен, у него неприятности, то в крови резко снижается содержание эндорфина - гормона удовольствия. Тогда для улучшения самочувствия он может прибегать к алкоголю. Оказалось, что при вдыхании горного воздуха уровень эндорфинов в крови возрастает. Этим объясняется эйфория и прилив сил, которые человек ощущает, приезжая в горы. Горы действуют как шампанское. Обостряются все ощущения - кружит голову аромат цветов, радуют пейзаж, пенье птиц. К тому же, горный воздух замедляет в организме окислительные процессы и тем самым способствует долголетию. Пример тому - долгожители Абхазии, Киргизии.

Оказалось, что в горах изменяется состав крови - повышается уровень гемоглобина и растет количество эритроцитов, поэтому горным воздухом лечат анемию. Установлено, что в головном мозге, печени, почках и сердце расширяется сеть капилляров. Это значит, что оротерапия может предупреждать такие грозные заболевания, как инсульт или инфаркт, которые возникают из-за недостатка кровоснабжения. Лечению горным воздухом поддаются многие хронические заболевания: начальные стадии артериальной гипертензии, нарушения сна, хронический гастрит, хронический гепатит. Горный воздух становится толчком, сильным раздражителем, и тем самым помогает включиться защитным силам организма. Основатель киевской школы гипокситерапии академик Николай Сиротинин возил даже душевнобольных в Приэльбрусье на медико-биологическую станцию Института физиологии - там впервые за многие годы у них прояснилось сознание и после возвращения эффект длился до полугода.

Положительное влияние горного климата на здоровье людей заставило задуматься об искусственном создании атмосферы горного воздуха для целительной гипоксии. Преимущества использования нормобарической гипоксической гипоксии по сравнению с горноклиматической терапией и барокамерной гипоксией связаны с экономичностью и доступностью применения в клинике, отсутствием негативных эффектов перепадов барометрического давления и пребывания в замкнутом пространстве, возможностью строгой дозировки лечебного фактора и адекватного непосредственного контроля функционального состояния пациента.

Действительно, поднимать больных людей в горы или запереть их в автоклаве – не лучший выход. Поэтому весьма актуальным оказалось моделирование горного климата с помощью специальных аппаратов – гипоксикаторов - и использовать для лечения и оздоровления в повседневной жизни. Гипоксикаторы способны точно дозировать содержание кислорода во вдыхаемом воздухе (гипоксической газовой смеси) и осуществлять оперативный контроль за состоянием пациентов.

Лечение искусственным горным воздухом - инструментальную оротерапию - впервые применили в Киеве в Институте туберкулеза и грудной хирургии в 1969 году при подготовке больных к резекции легких - хирургической операции, при которой иногда приходится удалять большой участок легкого либо одно из легких. Вдыхание гипоксических газовых смесей помогало больным лучше перенести операцию и адаптироваться к новым условиям.

Многочисленные физиологические и клинические исследования выявили целый ряд эффектов при использовании искусственного горного воздуха: улучшение микроциркуляции и образование новых сосудов, повышение иммунитета, снижение активности аллергических реакций, антистрессовое действие, повышение работоспособности и снятие хронической усталости, повышение активности антиоксидантной системы. Лечебная гипоксия используется во всех трех основных аспектах: профилактике, лечении, реабилитации.

5. ГИПОКСИЧЕСКАЯ ТРЕНИРОВКА

В настоящее время во всём мире отмечается рост хронических обструктивных заболеваний легких (ХОЗЛ), хронического обструктивного бронхита (ХОБ) и бронхиальной астмы (БА) - группы болезней, являющихся результатом перехода острого воспаления в хроническое. Основной причиной этого патологического процесса является аллергизация населения, загрязнение воздушной среды, внедрение химии в сельское хозяйство и быт, а также широкое использование антибиотиков, вакцин и др. Профилактику таким эффектов можно провести с помощью немедикаментозного метода лечебной гипоксии.

Современная медицина выдвинула в качестве важнейшего направления, имеющего принципиальное значение для профилактики различных заболеваний, проблему долговременной адаптации организма к экстремальным воздействиям. Повышение компенсаторных резервов жизненно важных систем с помощью тренирующих воздействий средне- и высокогорной гипоксии оказалось перспективным методом в лечении и профилактике таких болезней, как бронхиальная астма, гипопластическая и железодефицитная анемия, хронический лейкоз, гипертоническая болезнь, нейроциркуляторная дистония, первичный тиреотоксикоз или диффузный токсический зоб, ювенильные кровотечения. В условиях предварительной тренировки к умеренной гипоксии повышается резистентность организма к разнообразным патогенным факторам. При адаптации к умеренной гипоксии усиливается иммунный ответ на антигены и повышается уровень иммуноглобулинов сыворотки крови. Повышение неспецифической резистентности организма при тренировке к гипоксии проявляется также в виде повышения устойчивости к переохлаждению и перегреванию. Адаптация к условиям высокогорья повышает устойчивость организма к экстремальным факторам внешней среды – к острой гипоксии, физическим перегрузкам.

Адаптация к условиям высокогорья приводит к повышению резистентности к мышечным нагрузкам. Высокогорная тренировка повышает физическую выносливость спортсменов. Высокогорная адаптация является неспецифическим тренирующим фактором, нивелирующим отрицательное действие на организм недостаточной двигательной активности, и может быть использована в качестве средства, снижающего «чувствительность» организма к гипокинезии. При прерывистой, постепенно нарастающей кислородной недостаточности отмечается положительное течение адаптационного процесса, сопровождающегося оптимальными изменениями условнорефлекторной деятельности даже на раннем этапе онтогенеза.

Как уже упоминалось, гипоксия означает пониженное содержание кислорода в тканях организма, наблюдаемое при недостатке кислорода в воздухе, а также при некоторых заболеваниях и отравлениях. Такая гипоксия весьма нежелательна. Но умение управлять этим явлением дает большие возможности для лечения и профилактики различных заболеваний. Это и есть **лечебная гипоксия**, повышающая сопротивляемость организма неблагоприятным условиям окружающей среды.

Гипоксическая тренировка - методика улучшения функционального состояния, работоспособности, жизнеспособности и качества жизни *здорового человека* путем дозированных гипоксических воздействий в нормобарических или гипобарических условиях. Нормобарическая гипоксическая тренировка осуществляется с использованием гипоксических (со сниженным содержанием кислорода) газовых смесей, подаваемых для дыхания (через систему трубопроводов и кислородную маску) из баллонов (дыхательных мешков) или от гипоксикаторов — специальных приборов, способных точно дозировать содержание кислорода во вдыхаемой газовой смеси. При этом общее давление остаётся постоянным и равным 1 атм. Гипобарическая гипоксическая тренировка осуществляется в стационарных или передвижных барокамерах, в которых уменьшение содержания кислорода во вдыхаемом воздухе создается за счёт снижения барометрического давления («подъема» на высоту). При этом общее давление может существенно отличаться от атмосферного (как в большую, так и меньшую сторону).

В основе метода гипоксической тренировки лежит чередование дыхания газовой смесью со сниженным содержанием кислорода (соответствующим горному воздуху на высоте 2,5 – 6 тыс метров) и дыхания атмосферным воздухом при нормальном барометрическом давлении. Суть метода в том, чтобы искусственно понизить уровень кислорода в крови человека с помощью специально разработанных газовых смесей, которыми человек должен дышать через маску. На это организм бурно реагирует большим количеством защитных реакций и в результате сам себя лечит от бронхиальной астмы, хронического бронхита и др.

Применение нормобарической гипоксической тренировки оказывает положительное действие на кинетику кислородного метаболизма и кислотно-основного состояния, нормализует показатели углеводного, жирового, белкового и электролитного спектров крови, повышает противовоспалительный потенциал, активизирует деятельность жизненно важных систем организма, в том числе - иммунокомпетентных органов, и положительно влияет на их жизнеспособность при радиоактивном поражении. Особое значение метод

гипокситерапии приобретает для формирования полноценного здоровья будущего поколения, являясь эффективным способом профилактики и лечения неспецифических гинекологических и акушерских заболеваний, способствуя повышению качества здоровья детей. Метод прерывистой нормобарической гипокситерапии обеспечивает выживаемость организма в условиях значительно измененной среды обитания и полезен в решении задач экологической медицины.

Гипоксическая тренировка применяется для повышения физических и интеллектуальных (операторских) возможностей человека за счет увеличения функциональных резервов систем транспорта кислорода на всех ее уровнях (от верхних дыхательных путей до клеточного дыхания); нормализации измененного иммунного статуса и угнетенной неспецифической резистентности человека вследствие действия неблагоприятных экологических и профессиональных факторов; устранения явлений хронического утомления; подготовки к работе в экстремальных и субэкстремальных эколого-профессиональных условиях (высокогорье и среднегорье, жаркий и холодный климат, знакопеременные перегрузки и ускорения, предельные физические и операторские нагрузки, работа в зонах с повышенной радиоактивностью и сложной экологической обстановкой); оптимизации психоэмоционального состояния при возникновении значительных нервно-эмоциональных нагрузок; подготовки беременных с целью профилактики отклонений в развитии плода. Тренировка положительно влияет и на психологический статус человека: снижается уровень реактивной и личностной тревог, депрессии, повышается самочувствие. Метод доступен и достаточно прост, имеет мало противопоказаний, что создает предпосылки для широкого его использования в амбулаторных, стационарных и санаторно-курортных учреждениях. В качестве профилактики лечебная гипоксия показана практически всем здоровым людям с целью повышения интеллектуальной и физической работоспособности, а также устойчивости к психоэмоциональным нагрузкам. Она защищает от экологического неблагополучия, включая радиационную загрязненность, повышает устойчивость к побочному действию фармакологических средств, к ядам минерального и органического происхождения. Дыхание газовыми смесями с пониженным до 12% содержанием кислорода - эффективный способ снижения заболеваемости населения всех возрастных групп. Метод применяется на промышленных предприятиях, в зонах с неблагоприятной экологической обстановкой, используется в спорте для повышения эффективности тренировочного процесса.

Гипокситренировки рекомендуются здоровым людям, спортсменам, лётчикам и космонавтам, т.к. при этом стимулируется выработка эритропоэтина и гемоглобина - тем самым за короткое время достигается максимальная работоспособность. Известно использование гипоксической стимуляции в спорте (тренировки в горах, "азотные" палатки, дома, пещеры). Однако наилучшие спортивные результаты дает методика тренировок с помощью прерывистой нормобарической гипоксии. Дозированная гипоксическая тренировка под контролем врача - эффективное средство, заменяющее дорогостоящие и трудноорганизуемые тренировки в горах. Тренировки по такому методу использовались в разных странах пловцами, гребцами, волейболистами, легкоатлетами, теннисистами и другими спортсменами.

Высокая эффективность прерывистой нормобарической гипоксии обусловлена оптимальным сочетанием непосредственных реакций основных систем организма на дозированную гипоксию с долговременной адаптацией - формированием "структурного следа". В результате воздействия гипоксии повышается лёгочная и альвеолярная вентиляция, увеличивается лёгочный кровоток, стимулируется эритропоэз и образование гемоглобина в эритроцитах, усиливается способность клеток утилизировать кислород за счёт активации дыхательных ферментов и антиоксидантной системы.

Неспецифический адаптационный и антистрессорный механизмы действия интервальной гипоксической тренировки предопределили достаточно широкий круг возможного их применения в клинической практике (профилактика гипоксии плода, нейроциркуляторная дистония, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца), а также для повышения работоспособности спортсменов и лиц, связанных с повышенными физическими и психоэмоциональными нагрузками. Метод показан для профилактики инвалидности за счёт снижения факторов риска, в частности, по ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, развитию атеросклероза.

6. ГИПОКСИТЕРАПИЯ

Долгие годы медицина основное внимание уделяла исключительно медикаментозным методам лечения этих заболеваний. Однако, с увеличением числа лекарственных препаратов, возросло и количество таких патологий как аллергия, иммунодефицит, лекарственная болезнь. Поэтому сегодня большую популярность стали приобретать немедикаментозные методы лечения, такие как гипокситерапия.

Гипокситерапия - имитация высокогорных условий по содержанию кислорода в воздухе при нормальном или сниженном атмосферном давлении. Гипокситерапия - методика улучшения функционального состояния, работоспособности, жизнеспособности и качества жизни больного человека путем дозированных гипоксических воздействий. Суть метода - оздоровление организма путем расширения возможностей использования физиологических резервов. Как и при гипоксической тренировке, при гипокситерапии основным лечебным фактором является низкое содержание кислорода во вдыхаемом воздухе, создаваемое в нормобарических (с использованием баллонов, дыхательных мешков, гипоксикаторов) или гипобарических (в барокамерах) условиях. При гипоксической тренировке параметры режима «жестче», что связано с более высокой (по сравнению с больными) исходной гипоксической резистентностью здорового человека. Режимы гипокситерапии значительно «мягче», поскольку ориентированы на состояние больных с парциальной функциональной недостаточностью отдельных органов или систем организма.

Различают три основных режима гипокситерапии: непрерывный; прерывистый (периодический), когда сеансы (в барокамере или с использованием газовой смеси в нормобарических условиях) продолжительностью от 20–30 мин до нескольких часов проводятся ежедневно или через день; интервальный (импульсный, циклично-фракционный) повторяющиеся в течение одного сеанса циклы (по 5–10 мин) гипоксических воздействий, чередующиеся с периодами (по 5–15 мин) нормоксической респирации.

Гипоксическая терапия сопровождается специфическими приспособительными изменениями в организме человека (повышением неспецифической резистентности, переносимости тканевой гипоксии, улучшением регуляции системной и регионарной гемодинамики и микроциркуляции, оптимизацией состояния нейро-эндокринной системы, газотранспортной функции крови); она повышает общую резистентность и адаптационные силы организма; улучшает нервно-рефлекторную регуляцию сосудистого тонуса; активизирует коллатеральное кровообращение; изменяет реологические свойства крови; снижает и стабилизирует как внутричерепное, так и системное артериальное давление; препятствует застойным явлениям в головном мозге; облегчает работу сердечной мышцы; интенсифицирует периферическое кровообращение; поддерживает объемный кровоток в периферических органах на максимально возможном уровне; повышает эффективность доставки кислорода на периферию в результате адаптивных сдвигов в системе микроциркуляции; обладает феноменом повышения кислородной емкости крови (за счет новообразования гемоглобина и эритроцитов) в общей картине приспособительных сдвигов в организме при адаптации к горной гипоксии; увеличивает размеры эритроцитов, способствует более быстрому насыщению кислородом гемоглобина в легких и насыщению в тканях, вследствие увеличения площади контакта между эритроцитом и стенкой капилляра; стимулирует собственные скрытые резервы организма; повышает физическую работоспособность, снижает утомляемость; повышает устойчивость организма к неблагоприятным климатическим факторам и стрессам; защищает от повреждающего воздействия радиации и реабилитирует лиц, подвергшихся облучению. Тренирующее действие при дыхании воздуха, обедненного кислородом, обеспечивает накопление в органах и тканях полезных для организма изменений. Компенсаторные реакции, способствующие противодействию тканевой гипоксии, в процессе адаптации к этому фактору обеспечивают не только эффективное сохранение постоянства внутренней среды, но и обуславливают функциональное и структурное совершенствование организма здорового и больного человека.

Спектр применения гипокситерапии с лечебной целью очень разнообразен. В первую очередь, это заболевания легких: пневмонии, бронхиты, бронхиальная астма. Эффективна она и при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, и при хронических воспалительных заболеваниях. Гипоксия показана при сахарном диабете, тиреотоксикозе, ожирении, язвенной болезни и пародонтозе, а также при гипопластической и железодефицитной анемии. Этот немедикаментозный метод лечения действует при лекарственной болезни и различных аллергических состояниях, что немаловажно.

Минздрав РФ рекомендует использовать гипокситерапию для лечения, профилактики и реабилитации широкого круга заболеваний: бронхолегочных, сердечно-сосудистых, психоневрологических, желудочно-кишечного тракта, болезней крови, обмена веществ, гинекологических, онкологических, иммунных и аллергических. Гипокситерапия рекомендуется при подготовке к беременности, к родам: дети рождаются более здоровыми и лучше развиваются. Гипокситерапия при подготовке к хирургическим операциям ослабляет отрицательное воздействие эмоционально-болевого стресса и уменьшает послеоперационные осложнения. Она повышает устойчивость организма к неблагоприятным климатическим и экологическим условиям, к побочному действию лекарств, к физической и эмоциональной перегрузкам. После прохождения курса гипокситерапии заболеваемость на период полгода - год снижается в 2 - 4 раза.

Применение гипокситерапии перспективно при лечении таких заболеваний, как простатит, воспалительные заболевания верхних (пиелонефрит) и нижних (цистит) мочевых путей; сердечно-сосудистые заболевания (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, стенокардия и др.), хронические заболевания легких (пневмония, бронхит, бронхиальная астма), профессиональные пульмонозы, заболевания системы крови, патологии нервной системы, преходящие расстройства мозгового кровообращения, астенические и депрессивные состояния, фобические формы неврастении, болезни эндокринной системы (сахарный диабет), нарушение обмена веществ (ожирение), акушерские и гинекологические патологии, аллергические заболевания и иммунодефицитные состояния, заболеваниях желудочно-кишечного тракта в стадии ремиссии (язвенная болезнь, хронический холецистит, панкреатит, колите). Гипокситерапия полезна при подготовке больных к операции и наркозу для предотвращения онкологической патологии - для защиты от побочного действия лучевой терапии и химиотерапии.

Особенно эффективной гипокситерапия оказалась при лечении больных астмой.

Важнейшей проблемой в терапии бронхиальной астмы является устойчивый контроль за клиническими проявлениями заболевания, поддержание и увеличение сроков ремиссии. Клинические наблюдения показывают, что используемая сегодня исключительно базисная терапия (т.е. терапия, включающая исключительно противовоспалительные и бронхорасширяющие лекарственные препараты) не обеспечивает адекватного контроля не только осложненной, но и, зачастую, неосложненной бронхиальной астмы. Включение в программу лечения больных бронхиальной астмы немедикаментозных методов обеспечивает более устойчивую и длительную ремиссию, способствует снижению лекарственной нагрузки и связанных с ней осложнений, и, в ряде случаев, ведёт к отмене базисной терапии.

Механизмы гипоксической адаптации включают усиление лёгочной и особенно альвеолярной вентиляции, перестройку лёгочного и системного кровообращения, образование гемоглобина, активизация тканевых механизмов утилизации кислорода и антиоксидантных систем. Интервальный характер действия, связанный с периодическими переходами от гипоксии к нормоксии и обратно, обеспечивает не только повышение активности, но и тренировку антиоксидантных систем, что приводит к тому, что после прекращения действия фактора значительно снижается повреждающее действие свободнорадикальных и перекисных продуктов на ткани. Эти благоприятные воздействия дополняются перестройкой легочной вентиляции, усилением транспорта газов кровью и тканевого дыхания, легким седативным действием.

Гипокситерапия эффективна уже на ранних этапах медицинской реабилитации больных. В качестве реабилитации метод показан больным после длительно и тяжело протекающих, истощающих резервы организма, заболеваний. К ним относятся: инфаркт миокарда, инсульт, тяжелые хирургические вмешательства, включая и онкологическую патологию.

Существуют и противопоказания к проведению гипокситерапии. Это: острые соматические и инфекционные заболевания; хронические заболевания с симптомами декомпенсации функций; гипертоническая болезнь III стадии; врожденные аномалии сердца и крупных сосудов; индивидуальная непереносимость недостатка кислорода.

После проведенного лечения у всех больных отмечена положительная динамика клинического состояния: уменьшилась одышка при физической нагрузке (89%), приступы удушья (100%), кашель (90%), субъективно улучшилось качество дыхания (100%), снизились дозировки бронхолитических средств. Жизненная емкость легких в основной группе возросла на 15,9%, объем форсированного выдоха за 1 секунду - на 17,7%. Объемные скорости при 25, 50 и 75% к общему объему выдохнутого воздуха повысились соответственно на 22,5, 20,2 и 21,8%. Снижение процента агрегации тромбоцитов на 15% и увеличение дезагрегации на 10% говорит о положительном влиянии гипокситерапии на процессы микроциркуляции.

Предлагаемый способ лечения хронических воспалительных заболеваний по сравнению с традиционным лечением позволяет существенно улучшить его результаты, пролонгировать период ремиссии, снизить дозировки используемых лекарственных средств.

В качестве примера приведём результаты применения установок горного воздуха для реабилитации и лечения пациентов в некоторых санаториях и больницах.

Санаторий кардиологический "Подлипки", Московская область, с 1995 использует две четырехместные установки для гипокситерапии "Био-Нова-204". Ежегодно курс проходят 700 пациентов, из них 20% - в порядке реабилитации после перенесенного инфаркта миокарда. Основную часть составляют больные с иными формами ишемической болезни сердца: стенокардия, атеросклеротический и постинфарктный кардиосклероз, нарушения сердечного ритма, а также больные, страдающие гипертонической болезнью. У большинства пациентов отмечено улучшение клинических показателей. Онкологический центр (отделение радиологии): установка работает отделении с 1997 и используется для гипоксирадиотерапии онкологических больных. Есть пациенты и с другими заболеваниями. Хорошие

результаты получены при лечении бронхиальной астмы, многие больные, в том числе и дети, отказались от приема лекарств.

Психиатрическая клиническая больница №1 им. Н.А.Алексеева (бывш. Кащенко), Москва: Кабинет нормобарической гипокситерапии функционирует с 1996 года. Ежегодно проводится 5000 процедур (сеансов). Основной контингент составляют больные санаторного отделения. Стабильно положительные результаты гипокситерапии отмечаются при депрессивных состояниях: снижается тревожность, напряженность, улучшается сон. Эффективна нормобарическая гипокситерапия и при органических изменениях центральной нервной системы: черепно-мозговые травмы, сосудистая патология мозга.

7. АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ГИПОКСИТЕРАПИИ

В настоящее время лечения многих заболеваний с успехом используется тренировка к гипобарической высокогорной и барокамерной гипоксии. Однако экономические трудности существенно ограничивают и делают малодоступным использование этого направления медицины в практическом здравоохранении. Кроме того, известно, что даже сравнительно небольшая по степени гипобарическая барокамерная гипоксия сопровождается выделением микросфер газообразного азота, что может вызвать эмболию жизненно важных структур.

Гипокситерапия при нормальном атмосферном давлении, заключающаяся в снижении концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе до 10-12% по сравнению с обычным воздухом, в котором концентрация кислорода 21% при сохранении общего давления в 1 атм, свободна от указанного недостатка. Это - способ повышения неспецифической резистентности организма за счет адаптации к постепенно, в течение нескольких дней снижающемуся содержанию кислорода, при использовании газовой гипоксической смеси, с 15 % кислорода и 85 % азота (в первые дни адаптации) в нормобарических условиях и 12-10 % кислорода – в последующие дни.

Широкое внедрение обеднённого по кислороду воздуха в медицинскую практику произошло после разработки и внедрения в практику метода **прерывистой** нормобарической гипокситерапии (ПНГ), который быстро превратился в эффективный немедикаментозный способ профилактики, лечения и реабилитации в медицине. Особенность метода состоит в индивидуальном подборе режима интервальной гипоксической тренировки, который зависит от результатов пробы с задержкой дыхания на вдохе с фиксированием времени её продолжительности. Данные тестирования являются основой для выбора дозировки кислорода во вдыхаемой смеси, времени одного цикла и количества сеансов.

Нормобарическая гипокситерапия - это дыхание воздухом с уменьшенным содержанием кислорода, но при обычном давлении. Метод позволяет получать те же результаты, что и в горах, но теперь на равнине, в обычной поликлинике, санатории, в домашних условиях. За счёт проведения прерывистых процедур, когда пациент чередует дыхание "горным" и обычным воздухом, достигается более выраженный эффект. Метод гипокситерапии не является методом лечения или профилактики какого-то специфического заболевания. Это - метод гипоксической тренировки, стимуляции организма, повышающей его неспецифическую сопротивляемость, благодаря чему достигается эффект лечения и профилактики многих заболеваний, устойчивость организма к различным неблагоприятным воздействиям, повышение физической и умственной работоспособности.

Для проведения используются специальные аппараты - мембранные гипоксикаторы, вырабатывающие гипоксическую газовую смесь (ГГС) непосредственно из окружающего воздуха. К числу таких аппаратов относятся установки для гипокситерапии "Био-Нова-204", рассчитанные на одновременное обслуживание 1, 2, 4 или 8 пациентов, с фиксированным заданием (10% и 12%) или плавной регулировкой (от 9% до 16%) концентрации кислорода в смеси. Схема влагоотделения аппарата выполнена так, что вырабатываемая ГГС имеет такую же относительную влажность, что и окружающий воздух, поэтому пациент не испытывает дискомфорта. Кроме того, установки имеют встроенные программы дыхания и таймер времени сеанса гипокситерапии, позволяющие подбирать режим дыхания индивидуально для каждого пациента. Во время сеанса пациент комфортно сидит в кресле при обычном атмосферном давлении и дышит через маску гипоксической газовой смесью циклами по специальной программе, индивидуальной для каждого человека. Курс нормобарической гипокситерапии в периодическом варианте представляет собой 12–15 сеансов дыхания (продолжительность 0,5 – 1 час) гипоксической газовой смесью, проводимых ежедневно. Начинают курс обычно в фазе затухающего обострения или нестойкой ремиссии (хронических воспалительных заболеваний).

Аппарат «горного воздуха» обеспечивает «подъём на высоту», но в отличие от реальных восхождений в горы, здесь изменяется только парциальное давление кислорода, а общее давление остаётся постоянным

(компенсируется повышением парциального давления азота) и равным одной атмосфере. (Напомним, что при подъеме на высоту 500 м над уровнем моря количество кислорода в воздухе уменьшается на 15 г/м³). Тренировка включает последовательное вдыхание «горного воздуха» (вплоть до высот 8000-9000 км) и воздуха состава, типичного для уровня моря. Обычно перепады «высот» бывают небольшими, но в некоторых случаях осуществляется «прыжок с парашютом из стратосферы», когда перепады содержания кислорода во вдыхаемом воздухе весьма существенны.

Аппаратура обеспечивает изменение в широких пределах парциального давления кислорода в воздухе, подаваемого пациенту для дыхания, причём импульсы давлений могут различаться по амплитуде, длительности и скважности. Гиптоксическая тренировка использует аппаратуру, основанную на мембранной технологии или на технике качающейся адсорбции, которая обеспечивает пациенту возможность дыхания воздухом, обеднённым кислородом. Промышленность выпускает мощные генераторы азота, которые можно использовать в стационарных больницах и госпиталях. Однако сейчас возникла необходимость в изготовлении небольших многоразовых гипоксикаторов которыми могли бы одновременно пользоваться члены одной семьи или спортивной команды.

Отечественный гипоксикатор «Эверест» (фирма КЛИМБИ) предназначен для получения гипоксической газовой смеси непосредственно из воздуха. Принцип действия основан на использовании полимерных мембран, обеспечивающих селективную проницаемость газов, содержащихся в атмосферном воздухе



Рис. 11. Мембранный гипоксикатор «Эверест-1» - прибор для профилактики, лечения и реабилитации безмедикаментозным методом гипоксической стимуляции: а – модель 0,5; б – модель 07м.

Фирма КЛИМБИ серийно выпускает генераторы азота на основе мембранных газоразделительных модулей с использованием малогабаритных безмаслянных компрессоров, конструктивно выполнены компактно в одном корпусе. Их технические характеристики: производительность 0,5-20 л/мин, концентрация азота 96-99,5% об., влажность 2% отн., давление на выходе 6-8 атм, производительность: 20 - 500 л/мин. Конструктивно аппараты состоят

из трёх блоков: компрессор, блок подготовки воздуха, мембранный блок. Рабочим элементом является асимметричная мембрана из поливинилтриметилсилана, с тонким (несколько микрон) непористым селективным слоем. Требуемый интервал состава газовой смеси обеспечивается в одну стадию, без какого-либо каскадирования. Для использования аппарата одновременно разными пациентами в контур гипоксикатора введён сменный бактериальный фильтр со стерилизующимися масками. Гипоксикатор содержит последовательно соединённые маску, средство для очистки вдыхаемого воздуха от микроорганизмов, средство для изменения концентрации вдыхаемой газовой смеси и дыхательный мешок, образующие единый воздуховод вдоха-выдоха.

Портативная аппаратура для осуществления прерывистой нормобарической гипоксии позволила увеличить число больных использующих этот метод как на дому, так и в поездках, на дачах и в др. нетрадиционных условиях лечения. Малые габариты и относительная дешевизна аппаратов дала возможность спортсменам использовать их в тренировочном процессе. Такими аппаратами воспользовались многие пациенты, у которых нет финансовых или физических (удаленные районы страны, трудности с передвижением и т.п.) возможностей для лечения.

Методика прерывистой нормобарической гипоксии с использованием аппарата «ЭВЕРЕСТ-1» достаточно проста и доступна для овладения ею медицинскими работниками. Пациент, расположившийся в кресле, через лицевую маску вдыхает гипоксическую газовую смесь – воздух, обеднённый по кислороду. Используются смеси ГГС-10, ГГС-12 и ГГС-15, содержащие 10, 12 и 15% кислорода, соответственно. Дыхание газовыми смесями идёт в циклично-фракционированном режиме: дыхание смесью 3-5 мин (за одну минуту дыхания при нормальной вентиляции лёгких он «поднимается» (по содержанию кислорода в крови) на 1000 м, а за 5 минут - до 5000-5500 м.), а затем дыхание атмосферным воздухом также в течение 3-5 мин (один цикл). Число циклов может варьировать в пределах 1-10 в зависимости от показаний. Обычно суммарное время дыхания ГГС в течение одного сеанса (фракции) составляет 30-60 мин при общей продолжительности сеанса, равной 60-120 мин, т.е. ежедневное число гипоксических циклов доходит до 10. Содержание кислорода в газовых смесях различно в зависимости от переносимости пациентом кислородной

недостаточности (оптимальной газовой смесью является ГГС-10, бинарная смесь $10\pm 1\%$ кислорода и $90\pm 1\%$ азота; негорючая и невзрывоопасная). Ритм курса варьируется в зависимости от показаний, что особенно важно в амбулаторной практике. Обычным ритмом гипокситерапии является ежедневное дыхание ГГС или дыхание 3 раза в неделю (через день). Продолжительность курса 30-60 дней. Перед началом дыхания, пациента предупреждают о возможности наступления незначительной одышки, объяснив, что в маску подается газовая смесь, соответствующая по своему составу горному воздуху. ГГС-10 оказывает положительный эффект в комплексном лечении и хорошо переносится пациентами.

Помимо плоскорамных, существуют мембранные аппараты, в которых рабочим элементом являются полые волокна, изготовленные из полимера мембранного типа (т.е. высокопроницаемого и селективного по разделяемым газам).

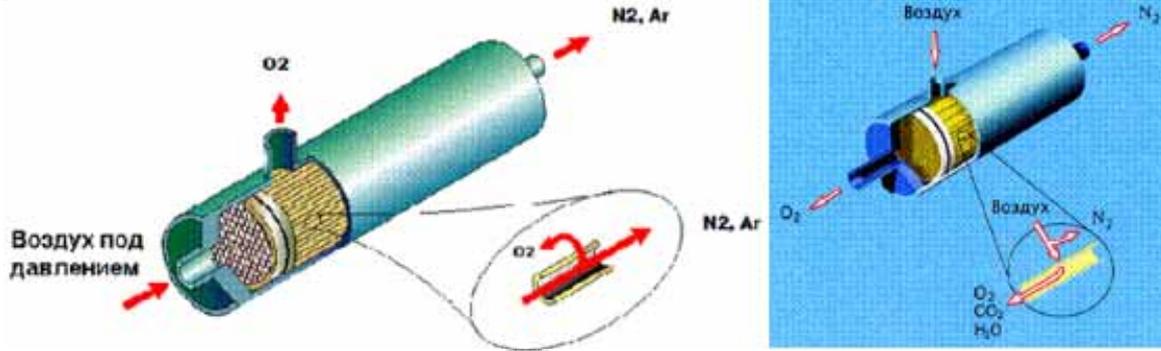


Рис. 12. Схема работы мембранного газоразделительного воздуха на полимерных полых волокнах.

Примером является азотный мембранный генератор АМГ 1-99,9 – обеспечивающий получение $1 \text{ м}^3/\text{час}$ азота с остаточным содержанием кислорода $0,1 \%$. Сжатый воздух поступает от безмасляного поршневого компрессора. Генератор оснащен необходимым комплектом фильтров, электронагревателем исходного воздуха для создания оптимальной температуры работы мембранного модуля волоконного типа. На таймере выставляется время процедуры (например, 3 минуты дыхания обедненным воздухом - 3 нормальным). Регулировка концентрации кислорода (%) 10 – 16. Количество пациентов 1 -4. Мембранный модуль составлен из тонких полых волокон. Различные компоненты, содержащиеся в воздухе, диффундируют в мембрану с различными скоростями. Кислород, диоксид углерода и водород, имеющие высокую скорость диффузии, быстро удаляются из воздушной смеси. Азот имеет низкую скорость диффузии и проникает в мембрану с полыми волокнами очень медленно, поэтому обогащает ретентат.

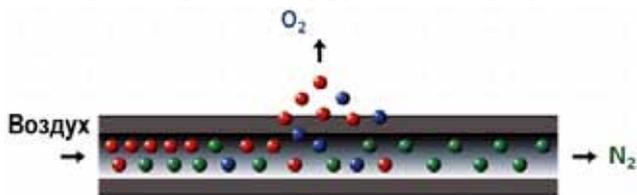


Рис. 13. Схема разделения воздуха полым волокном. Поперечный разрез мембраны из полых волокон, которая находится под давлением, при подаче азота или кислорода.

Чистота азота определяется скоростью диффузии. При изменении давления и объема потока, можно настраивать точное количество и чистоту газов. Внутренняя часть генератора, мембрана из полых волокон, изготавливается сложно: производится из синтетического материала согласно точно определенной температуре и давлению, при наличии специального растворителя. Длина и параметры отдельной мембраны из полых волокон в сочетании с давлением, определяют производительность каждого генератора азота. Генератор азота вырабатывает от $0,1$ до $6,000 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ при чистоте газа от 95% до $99,9$. Азот доступен постоянно в неизменно высоких объемах. Генераторы простые в работе, им необходимо небольшое пространство и незначительные эксплуатационные расходы.

8. МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ВОЗДУХА: преимущества и недостатки

В настоящее время среди портативных генераторов кислорода и азота медицинского назначения конкурируют два метода: мембранная технология (селективные полимерные мембраны, в виде плёнок или полых волокон) и короткоцикловая адсорбция (колонны из гранулированных пористых неорганических адсорбентов).

Так, упомянутая выше фирма КЛИМБИ, помимо мембранного аппарата «Эверест» производит генераторы азота, работающих по принципу короткоцикловой адсорбции на основе молекулярных сит, которые позволяют получать азот с чистотой до $99,99\%$ об. Основное преимущество по сравнению с

мембранным генератором азота - более высокая производительность при меньших массогабаритных размерах

Другой пример – адсорбционные установки для производства азота MAXIGAS. Как адсорбция, так и регенерация адсорбента осуществляется без нагрева, с относительно короткими интервалами переключения (т.н. безнагревная короткоцикловая адсорбция).

Основное преимущество мембранной аппаратуры заключается в том, что в газоразделительных блоках полностью отсутствуют движущиеся части, что обеспечивает надёжность установок. Мембраны очень устойчивы к вибрациям и ударам, химически инертны к воздействию масел и нечувствительны к влаге, функционируют в широком диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. При соблюдении условий эксплуатации ресурс мембранного блока составляет от 130 000 до 180 000 часов (15-20 лет непрерывной работы).

Мембранные генераторы азота по сравнению с адсорбционными системами обладают следующими недостатками:

1. Современные мембранные системы нуждаются, для производства одного и того же количества азота при одной и той же степени его очистки от кислорода, в значительно большем объеме сжатого воздуха. Особенно при чистоте азота выше 99%. Мембранным системам требуется больший по производительности компрессор, потребляющий больше электроэнергии.

2. Чувствительность мембранных генераторов азота к давлению поступающего сжатого воздуха. Как правило, мембранные системы рассчитаны на работу со сжатым воздухом давлением 10-13 бар. При падении давления до уровня 7 бар эффективность мембранных систем снижается на 40-50%. Для мембранного генератора необходим выделенный компрессор с рабочим давлением 13 бар или выше. А для генераторов азота MAXIGAS обычным рабочим давлением является 6-7 бар (изб) - т.е. то давление, которое обычно имеется в компрессорных сетях предприятий.

3. Чувствительность мембранных систем к температуре. Как правило, мембранные генераторы азота рассчитаны на работу с подогреваемым до $45-55^{\circ}\text{C}$ сжатым воздухом, что приводит к дополнительным расходам и к появлению дополнительного риска, связанного с резким снижением эффективности системы в случае неисправности системы нагрева. При снижении же температуры эффективность мембран уменьшается. Нагрев же воздуха, необходимый для эффективной работы мембран, приводит и к их постепенной деградации. Генераторы азота MAXIGAS не нуждаются в каком-либо нагревании сжатого воздуха и вообще малочувствительны к его температуре, как с точки зрения эффективности работы, так и износа.

4. Мембранные устройства чрезвычайно чувствительны к температурному режиму и наличию загрязнений. В реальных условиях эксплуатации, снижение эффективности мембран составляет 5 - 17% в первый год работы генератора, и от 3-7% в каждый последующий, что делает реальный срок эксплуатации мембран 5 лет. Используемые в MAXIGAS углеродные молекулярные сита, не нуждаются в замене в течение 15 лет. Стоимость же молекулярных сит значительно ниже и не сравнима со стоимостью сменных мембранных модулей.

Общими недостатками адсорбционных и мембранных установок по сравнению с некоторыми альтернативными вариантами (например, криогенной адсорбции) является ограниченная производительность и относительно низкая чистота получаемых продуктов.

Как уже упоминалось, мембранные системы имеют свои преимущества перед короткоцикловой адсорбцией: непрерывность процесса, малая материалоемкость и др. Однако для практической реализации этих процессов и реальной конкуренции с адсорбционными системами, необходимы усовершенствования существующих установок газоразделения. Демонстрация возможностей мембранных технологии с точки зрения повышения её конкурентной способности и является одной из задач настоящего пособия.