

Р.В. Бузунов | И.А. Иванова  
Ю.Н. Кононов | С.А. Лопухин  
Н.И. Максимов | А.Т. Пименов

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ

---

УЧЕБНОЕ  
ПОСОБИЕ

---

Ижевск  
ИГМА  
2013



**УПРАВЛЕНИЕ ДЕЛАМИ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБУ "КЛИНИЧЕСКИЙ САНАТОРИЙ "БАРВИХА"  
ОТДЕЛЕНИЕ МЕДИЦИНЫ СНА**

143083 Московская обл., Одинцовский р-н, санаторий «Барвиха»  
тел./факс (495) 635-69-07, (495) 635-69-08  
[www.sleepnet.ru](http://www.sleepnet.ru)



**Отделение медицины сна Клинического санатория «Барвиха»  
специализируется на диагностике и лечении расстройств сна:**

- Храп и синдром обструктивного апноэ сна (болезнь остановок дыхания во сне)
- Синдром центрального апноэ сна (дыхание Чейна-Стокса)
- Хроническая соннозависимая дыхательная недостаточность (синдром Пиквика)
- Бессонница
- Синдром беспокойных ног и периодических движений конечностей во сне
- Гиперсомния (избыточная дневная сонливость)

**Применяемые методики:**

**Диагностические:**

Полисомнография, кардио-респираторный мониторинг, компьютерная пульсоксиметрия.

**Лечебные:**

СИПАП-терапия, БИПАП-терапия, длительная кислородотерапия, ингаляции терапевтических доз ксенона, мезодиэнцефальная модуляция, цветодинамическая терапия, биологическая обратная связь.

**Цикл тематического усовершенствования врачей  
«Диагностика и лечение храпа, апноэ сна и соннозависимой  
дыхательной недостаточности» (72 часа)**

Проводится на регулярной основе (осенью и весной) отделением медицины сна санатория «Барвиха» совместно с кафедрой медицинской реабилитации, лечебной физкультуры, физиотерапии и курортологии ФГБУ «Учебно-научный медицинский центр» УД Президента РФ (лицензия на право образовательной деятельности № 2750 от 18 апреля 2012 г.)

По окончании цикла выдается удостоверение государственного образца.  
К обучению допускаются только граждане РФ.

Информацию о порядке и сроках проведения следующего цикла можно получить на сайте [www.sleepnet.ru](http://www.sleepnet.ru) или по телефону (495) 635-69-07, 635-69-08.

Управление делами Президента Российской Федерации  
ФГБУ «Клинический санаторий «Барвиха»  
Министерство здравоохранения УР  
ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»  
Кафедра врача общей практики и внутренних болезней  
с курсом скорой медицинской помощи ФПК и ПП  
ОАО «Санаторий «Металлург»

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ  
В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ  
ДЫХАНИЯ ВО СНЕ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ*

Ижевск  
ИГМА  
2013

УДК 616.24–008.4:612.821.7:616–073.175 (075.8)

ББК 54.12+28.707.3я73

К 637

*Составители:*

д-р мед. наук **Р. В. Бузунов**; канд. мед. наук **И. Л. Иванова**;  
**Ю. Н. Кононов**; **С. Л. Лопухин**; д-р мед. наук,  
проф. **Н. И. Максимов**; д-р мед. наук, проф. **Л. Т. Пименов**

*Рецензенты:*

д-р мед. наук, проф. **Н. С. Стрелков**; канд. мед. наук,  
доц. **Н. В. Комиссарова**; д-р мед. наук, проф. **А. В. Ежов**

*Рекомендовано центральным координационным  
методическим советом ГБОУ ВПО  
«Ижевская государственная медицинская академия»*

**Компьютерная** пульсоксиметрия в диагностике на-  
рушений дыхания во сне: учебное пособие/сост. Р. В. Бу-  
зунов; Иванова Ирина Леонидовна; Кононов Юрий Ни-  
колаевич и др. – Ижевск, 2013. – 40 с.

В пособии описаны физиологические, технические, и клинические аспекты компьютерной пульсоксиметрии. Значительное внимание уделено интерпретации данных мониторинга сатурации во сне в различных клинических ситуациях. Рассмотрены вопросы организации массового скрининга расстройств дыхания во сне с использованием компьютерной пульсоксиметрии.

Пособие предназначено для врачей-терапевтов, пульмонологов, неврологов, кардиологов, эндокринологов, оториноларингологов, реаниматологов и других специалистов, в работе которых может потребоваться мониторинг сатурации во сне, а также для студентов медицинских вузов.

УДК 616.24–008.4:612.821.7:616–073.175 (075.8)

ББК 54.12+28.707.3я73

© Р. В. Бузунов; И. Л. Иванова; Ю. Н. Кононов,  
составление, 2013

© ГБОУ ВПО «Ижевская государственная  
медицинская академия», 2013

## ВВЕДЕНИЕ

За сутки человек делает около 20 000 вдохов, вдыхая 10 м<sup>3</sup> воздуха. Сердце сокращается за то же время около 100 000 раз и прокачивает 6 тонн крови. Такая титаническая работа нужна для обеспечения единственного показателя – насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (сатурация), который является важнейшим параметром жизнедеятельности организма.

Мы можем прожить без пищи около месяца, без воды – около 7 дней. В организме создаются запасы жира и жидкости на случай отсутствия пищи и воды. К сожалению, природа не предусмотрела возможности накопления запасов кислорода в организме. Так, уже через 3 минуты отсутствия дыхания полностью истощается запас кислорода в организме, и человек умирает.

Даже небольшие нарушения работы легких и сердца постепенно приводят к развитию хронического недостатка кислорода в организме (гипоксемия), который отрицательно сказывается практически на всех органах и системах организма. Человека беспокоят головные боли, отмечается снижение работоспособности, ухудшение памяти и внимания, сон становится прерывистым и неосвежающим, появляется дневная сонливость. Значительно увеличивается риск развития артериальной гипертонии, нарушений ритма сердца, инфарктов и инсультов.

Обычно первые признаки гипоксемии появляются при физической нагрузке или во время сна. Очевидно, что работа мышц приводит к увеличению потребления кислорода. Если легкие или сердце не способны обеспечить растущую потребность организма в кислороде, то развивается гипоксемия.

Сон провоцирует развитие гипоксемии, поскольку в это время межреберные мышцы выключаются из акта дыхания, и работает одна диафрагма. Если же у человека имеется избыточная

масса тела, то в горизонтальном положении избыточные отложения жира в области живота давят на диафрагму, смещают ее в сторону легких и существенно ограничивают ее подвижность. Легкие не могут расправиться и не обеспечивают необходимый уровень вентиляции.

Кроме этого во время сна возрастает бронхиальное сопротивление, что также отрицательно сказывается на функции дыхания. Нарушение бронхиальной проходимости ночью особенно выражено у пациентов с бронхиальной астмой, хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), хроническим бронхитом, эмфиземой и пневмосклерозом.

Закономерно ухудшаются показатели насыщения крови кислородом во время сна у больных с недостаточностью кровообращения. Характерным проявлением этих нарушений является неравномерное дыхание с циклическими апноэ центрального генеза (например, дыхание Чейна – Стокса).

У полных людей во сне часто встречается еще одно опасное состояние – периодическое спадение дыхательных путей на уровне глотки, которая сдавлена снаружи жиром. Данное заболевание называется синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) и проявляется храпом, периодическими остановками дыхания во сне с последующими громкими всхрапываниями. Каждая остановка дыхания, в свою очередь, приводит к кратковременному выраженному падению насыщения гемоглобина крови кислородом – эпизоду десатурации. За ночь может наблюдаться несколько сотен таких эпизодов.

В целом распространенность клинически значимых нарушений дыхания во сне достигает 15% у пациентов терапевтического профиля в стационаре [3–5]. В настоящее время стандартными методами диагностики нарушений дыхания во сне являются полисомнография и кардио-респираторный мониторинг. Однако их применение ограничено высокой стоимостью

исследований и малой доступностью оборудования для практического здравоохранения.

В последние годы в мире широкое распространение получила компьютерная пульсоксиметрия (МКП), позволяющая мониторировать сатурацию во время ночного сна. МКП является простым и эффективным методом скрининговой диагностики расстройств дыхания во сне, который показал высокую эффективность при минимальных затратах материальных и человеческих ресурсов. В пособии представлены современные взгляды на возможности МКП в скрининговой диагностике нарушений дыхания во сне.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД	– артериальное давление
ДКТ	– длительная кислородотерапия
ИАГ	– индекс апноэ/гипопноэ
ИД	– индекс десатураций
МКП	– мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия
ОФД	– отделение функциональной диагностики
ПСГ	– полисомнография
СОАС	– синдром обструктивного апноэ сна
ХДН	– хроническая дыхательная недостаточность
ХНГ	– хроническая ночная гипоксемия
ХОБЛ	– хроническая обструктивная болезнь легких
ЧСС	– частота сердечных сокращений
ЭКГ	– электрокардиография
<i>BiLevel</i> - терапия	– неинвазивная вспомогательная вентиляция легких двухуровневым положительным давлением
<i>CPAP</i> - терапия	– неинвазивная вспомогательная вентиляция легких постоянным положительным давлением
SpO <sub>2</sub>	– насыщение гемоглобина артериальной крови кислородом, измеренное неинвазивным методом

## ОСНОВЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ

Основным методом неинвазивного измерения сатурации является **пульсоксиметрия** – метод измерения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ). В клинической практике предлагается пользоваться терминами «насыщение артериальной крови кислородом» или «оксигенация артериальной крови», а сам параметр  $SpO_2$  обозначать термином «сатурация». В отечественной литературе существует некоторая путаница, обусловленная употреблением аббревиатур  $SpO_2$  и  $SaO_2$ . Употреблять сокращение  $SpO_2$  следует в том случае, когда речь идет о сатурации, измеренной неинвазивным методом, поскольку в этой ситуации результат измерения зависит от особенностей метода. Например,  $SpO_2$  при наличии в крови карбоксигемоглобина будет выше истинной величины сатурации. Термин  $SaO_2$  следует употреблять для обозначения истинной сатурации, измеренной лабораторным методом [1].

Работа пульсоксиметра основана на способности гемоглобина, связанного ( $HbO_2$ ) и не связанного ( $Hb$ ) с кислородом, абсорбировать свет различной длины волны. Оксигенированный гемоглобин больше абсорбирует инфракрасный свет, деоксигенированный гемоглобин больше абсорбирует красный свет. В пульсоксиметре установлены 2 светодиода, излучающих красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность падающего на него светового потока. Измеряя разницу между количеством света, абсорбируемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации. Сатурация рассчитывается как соотношение количества  $HbO_2$  к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

$$SpO_2 = (HbO_2 / (HbO_2 + Hb)) \times 100\%.$$

Показатели  $SpO_2$  коррелируют с парциальным давлением кислорода в крови ( $PaO_2$ ), которое в норме составляет 80–100 мм рт. ст. Снижение  $PaO_2$  влечет за собой снижение  $SpO_2$ , однако эта зависимость носит нелинейный характер:

- 80–100 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 95–100%  $SpO_2$ ;
- 60 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 90%  $SpO_2$ ;
- 40 мм рт. ст.  $PaO_2$  соответствует 75%  $SpO_2$ .

В настоящее время в клинической практике применяются трансмиссионные пульсоксиметры (работающие на просвет ткани) и рефракционные (работающие на отражение света от ткани). Последние обладают рядом преимуществ: нет необходимости точно позиционировать излучающие и отражающие датчики друг напротив друга, не возникает проблем с окрашенными и накладными ногтями или изменениями ногтевой пластинки.

## **ОГРАНИЧЕНИЯ И ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА**

Пульсоксиметрия является непрямым методом оценки вентиляции и не дает информации об уровне рН и  $PaCO_2$ . Таким образом, не представляется возможным оценить в полной мере параметры газообмена пациента, в частности степень гиповентиляции и гиперкапнии. Кроме этого на точность измерений могут оказывать отрицательное влияние ряд факторов [1]:

- Яркий внешний свет и движения могут нарушать работу прибора.
- Неправильное расположение датчика. Для трансмиссионных оксиметров необходимо, чтобы обе части датчика находились симметрично, иначе путь между фотодетектором и светодиодами будет неравным, и одна из длин волн будет «перегруженной». Изменение положения датчика часто приводит к внезапному «улучшению» сатурации. Этот эффект может быть связан с непостоян-

ным кровотоком через пульсирующие кожные вены. Данного недостатка лишены рефракционные пульсоксиметры.

- Значительное снижение перфузии периферических тканей (шок, гипотермия, гиповолемия) ведет к уменьшению или исчезновению пульсовой волны. Если нет видимой пульсовой волны на пульсоксиметре, любые цифры процента сатурации малозначимы.

- Анемия требует более высоких уровней кислорода для обеспечения транспорта кислорода. При значениях гемоглобина ниже 5 г/л может отмечаться 100% сатурация крови даже при недостатке кислорода.

- Отравление угарным газом (высокие концентрации карбоксигемоглобина могут давать значение сатурации около 100%).

- Красители, включая лак для ногтей, могут спровоцировать заниженное значение сатурации (при использовании трансмиссионных пульсоксиметров).

- Трикуспидальная регургитация вызывает венозную пульсацию, и пульсоксиметр может фиксировать венозную пульсацию и сатурацию.

- При значениях сатурации ниже 70% резко возрастает погрешность метода, т. к. в алгоритмах пульсоксиметров не имеется контрольных значений для сравнения.

- Сердечные аритмии могут нарушать восприятие пульсоксиметром пульсового сигнала.

- Следует отметить, что возраст, пол, желтуха и темный цвет кожи практически не влияют на работу пульсоксиметра.

## **МОНИТОРИНГОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ**

Мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия (МКП) – метод длительной регистрации сатурации и пульса с сохранением данных в памяти прибора и их последующей компьютерной обработкой.

Для мониторинга применяются компьютерные пульсоксиметры, обеспечивающие регистрацию сигнала с дискретностью 1 раз в несколько секунд (от 1 до 10 секунд). Таким образом, за 8 часов наблюдения компьютерный пульсоксиметр может выполнить до 28 800 измерений и сохранить полученные данные.

К сожалению, в настоящее время в России мониторинговыми пульсоксиметрами оснащены, зачастую, только отделения реанимации и интенсивной терапии. Вне этих отделений МКП не нашла широкого применения. Причем проблема заключается не столько в стоимости оборудования (в настоящее время цена компьютерного пульсоксиметра составляет немногим более 30 000 рублей), сколько в неинформированности врачей о той пользе, которую может принести применение МКП для скрининга нарушений дыхания во сне в повседневной клинической практике.

В настоящей работе речь будет идти о портативных компьютерных пульсоксиметрах, которые применяются для длительного мониторинга сатурации во сне. В настоящее время на рынке имеется достаточно большое количество аппаратов данного типа, производимых различными фирмами. В Клиническом санатории «Барвиха» хорошо себя зарекомендовали специализированные пульсоксиметры для мониторинга сатурации во сне **PulseOX 7500** (рис. 1).

На примере данного прибора целесообразно описать характеристики, которыми должен обладать современный портативный компьютерный пульсоксиметр:

- Применяется рефракционная (отражающая) технология регистрации сигнала, минимизирующая двигательные артефакты во сне. Данная технология также устраняет артефакты, обусловленные изменениями ногтевой пластинки.

- Используется мягкий пульсоксиметрический датчик, обеспечивающий комфорт исследования.



Рис. 1. Компьютерный пульсоксиметр *PulseOX 7500* (*SPO Medical*, Израиль)

- Имеется функция автостарт/автостоп, упрощающая проведение исследования.
- Удобен для пациента (одевается на запястье как наручные часы).
- Миниатюрен (55 грамм).
- Частота регистрации сигнала может задаваться с интервалом 1, 2, 4 и 10 секунд.
- Емкость памяти составляет от 8 до 80 часов (в зависимости от частоты регистрации сигнала).
- Заряда батарейки хватает на 300 часов работы. Для анализа полученных данных используется компьютерная программа, которая автоматически генерирует отчет, включающий следующие параметры за весь период исследования (рис. 2):
  - общая длительность записи (мин);
  - длительность движения/артефактов (мин) – не подлежит анализу;
  - доступная для анализа запись (мин);
  - SpO<sub>2</sub> (исходное, минимальное, максимальное, среднее значение);

- ЧСС (минимальное, максимальное среднее значение);
- количество десатураций;
- индекс десатураций – ИД (количество значимых эпизодов десатураций ( $\geq 3\%$ ) в час);
- максимальная длительность непрерывного периода, при котором сатурация была ниже 89%;
- общее время записи, при котором сатурация была выше 89%;
- распределение SpO<sub>2</sub> (диапазон сатурации/время, %);
- таблицы и диаграммы распределения данных сатурации;
- кривые сатурации и пульса для визуального анализа за весь период наблюдения и за любой выбранный интервал (от 10 секунд на экран).

Методика проведения МКП достаточно простая и нетрудоемкая. Программирование и установка пульсоксиметра занимают около 5 минут, считывание данных с автоматическим формированием заключения – около 10 минут. Все манипуляции с компьютерным пульсоксиметром выполняет средний медицинский персонал.

Пульсоксиметр может выдаваться пациенту днем, далее перед сном пациент самостоятельно устанавливает его на палец – прибор автоматически включается, утром снимает – прибор выключается самостоятельно. Далее пульсоксиметр возвращается персоналу для расшифровки в рабочее время. Таким образом, исследования могут проводиться в стационаре и в поликлинических условиях.

Дальнейшая компьютерная обработка данных позволяет с высокой точностью оценивать средние параметры сатурации, проводить визуальный анализ оксиметрических трендов, выявлять десатурации (кратковременное существенное падение сатурации на 3% и более с последующим возвращением к исходному уровню), проводить качественный и количественный анализ десатураций.

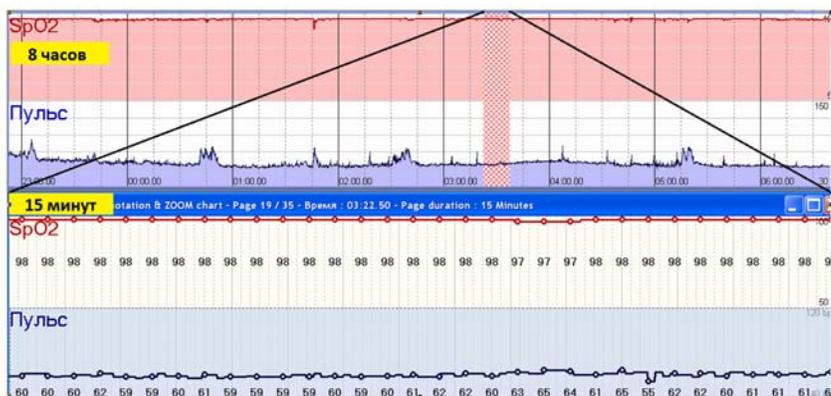


Рис. 2. Здоровый доброволец С., 28 лет

В верхней части рис. 2 располагаются статистические данные по исследованию, в средней – 8-часовая развертка кривых SpO<sub>2</sub> и пульса, в нижней – 15-минутная развертка кривых SpO<sub>2</sub> и пульса. Показатели насыщения крови кислородом в норме. Средняя сатурация SpO<sub>2</sub> составила 97,3% (норма ≥93%), минимальная сатурация – 92%. Кривая сатурации представляет собой практически прямую линию в течение всей ночи наблюдения.

Значимые циклические десатурации весьма характерны для синдромов апноэ сна. При хронической гиповентиляции при ХОБЛ, тяжелой бронхиальной астме, пневмосклерозе и ряде

других заболеваний легких также могут отмечаться значимые десатурации, но при этом сатурация изменяется достаточно плавно в отличие от быстрых изменений насыщения крови кислородом при эпизодах апноэ/гипопноэ.

Проведение МКП во время сна показано при подозрении на синдром апноэ во сне (обструктивного или центрального генеза) и/или хроническую ночную гипоксемию различного генеза. МКП может применяться для динамического контроля эффективности методов респираторной поддержки: неинвазивной вспомогательной вентиляции легких постоянным положительным давлением (*CPAP*-терапия) и двухуровневым положительным давлением (*BiLevel*-терапия), длительной кислородотерапии. Ниже мы подробно остановимся на применении МКП в данных клинических ситуациях.

## ДИАГНОСТИКА АПНОЭ СНА

Апноэ во сне может иметь обструктивный или центральный генез. Синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) – это состояние, характеризующееся наличием храпа, периодическим спадением верхних дыхательных путей на уровне глотки и прекращением легочной вентиляции при сохраняющихся дыхательных усилиях, снижением уровня кислорода крови, грубой фрагментацией сна и избыточной дневной сонливостью [3].

Из определения видно, что в основе болезни лежит периодическое прекращение дыхания из-за спадения стенок дыхательных путей на уровне глотки. Дыхательные пути могут спадаться полностью, и тогда развивается апноэ – прекращение воздушного потока (легочной вентиляции) длительностью 10 секунд и более. При неполном спадении дыхательных путей отмечается гипопноэ – существенное снижение воздушного потока (более 50% от исходных значений), сопровождающееся снижением насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом на 3% и более [16].

Распространенность СОАС составляет 5–7% от всего населения старше 30 лет. Тяжелыми формами заболевания страдают около 1–2% из указанной группы лиц [2, 10, 18]. У лиц старше 60 лет частота СОАС значительно возрастает и составляет около 30% у мужчин и около 20% у женщин [6]. У лиц старше 65 лет частота заболевания может достигать 60% [15]. Распространенность храпа у детей в возрасте 2–6 лет составляет порядка 10–14% [20], апноэ сна – 1–3% [17].

При центральном апноэ сна отмечается нарушение функции дыхательного центра и центральная гиповентиляция или остановка дыхания, обусловленная прекращением дыхательных усилий. При этом дыхательные пути остаются открытыми. Наиболее частой формой центрального апноэ сна является дыхание Чейна – Стокса, отмечающееся преимущественно при сердечно-сосудистой и неврологической патологии. Следует отметить, что в терапевтической практике СОАС встречается существенно чаще, чем различные формы центрального апноэ.

Общепризнанным критерием степени тяжести СОАС является частота апноэ и гипопноэ в час – индекс апноэ/гипопноэ (ИАГ). Считается нецелесообразным подсчитывать отдельно количество апноэ и гипопноэ, т. к. они несут схожие риски в отношении развития сердечно-сосудистых и иных осложнений. В настоящее время большинство международных консенсусов и клинических рекомендаций [8, 9, 14] придерживаются следующей классификации.

### **Классификация тяжести СОАС у взрослых на основании ИАГ [14]**

<i>Тяжесть СОАС</i>	<i>ИАГ</i>
Легкая форма	от $\geq 5$ до $<15$
Умеренная форма	от $\geq 15$ и $<30$
Тяжелая форма	$\geq 30$

Применение именно этих пограничных значений в классификации степени тяжести СОАС основывается на результатах крупных проспективных контролируемых исследований, которые показали достоверное увеличение частоты сердечно-сосудистых осложнений при ИАГ  $>15$  в 2–3 раза и при ИАГ  $>30$  в 5–6 раз [7, 11, 13].

Остановка дыхания обструктивного или центрального генеза, если она длится достаточно долго, сопровождается кратковременным эпизодом снижения насыщения артериальной крови кислородом с последующим возвратом сатурации к исходной величине. Клинически значимой считается десатурация на 3% и более. При повторяющихся апноэ во сне на кривой сатурации отмечаются циклические десатурации (рис. 3). В верхней части рис. 3 располагаются статистические данные по исследованию, в средней – 8-часовая развертка кривых SpO<sub>2</sub> и пульса, в нижней – 15-минутная развертка кривых SpO<sub>2</sub> и пульса.

На графике SpO<sub>2</sub> отмечается классическая картина циклических резких десатураций, обусловленных апноэ/гипопноэ. ИД 53,5 в час, что указывает на тяжелую форму апноэ сна. Минимальная сатурация 70%. При этом средние показатели SpO<sub>2</sub> лишь незначительно снижены (90,6%), что указывает на отсутствие значимой хронической ночной гипоксемии другого генеза. Вне эпизодов десатураций насыщение крови кислородом достигает нормы. Отмечаются выраженные колебания пульса (от 53 до 70 в мин), связанные с периодами десатураций.

Эпизоды апноэ могут продолжаться до минуты и более, что сопровождается резким снижением сатурации, которая быстро восстанавливается до нормы в вентиляционную фазу после апноэ (рис. 4). Следует заметить, что при сатурации ниже 70% развивается диффузный цианоз. Интересен тот факт, что у обычного человека при волевой задержке дыхания сатурация снижается максимум на 5–7%, далее человек не выдерживает и начинает дышать.

Отчет по записи		час минуты		Отчет по SpO2		%		Отчет по пульсу		пульс/мин	
Длительность записи	6	39.0	Макс. SpO2	98	Макс. частота	75					
Артефакты:	0	1.1	Мин. SpO2	70	Мин. частота	50					
Длительность анализа:	6	37.9	Средняя SpO2	90.56	Средняя частота	56.79					

SpO2 диапазоны		минуты		%		№ ДеСат	
100 % - 94 %	120.2	30.2	0				
93 % - 88 %	197.5	49.6	110				
87 % - 80 %	69.9	17.6	202				
79 % - 70 %	11.0	2.8	43				
69 % - 60 %	0.0	0.0	1				
59 % - 50 %	0.0	0.0	0				
49 % - 40 %	0.0	0.0	0				

Отчет по ДеСат			
Общее кол-во	356		
Индекс десатураций	53.5		
Базовая SpO2 (%)	94.66		

SpO2 <89 %		минуты		время	
Макс. длительность	3.0	1:51:39			
Длит. ДеСат < 89	122				
Длит. SpO2 < 89	195				

Движения		минуты		%	
Длит. движений:	1.1	0.3			

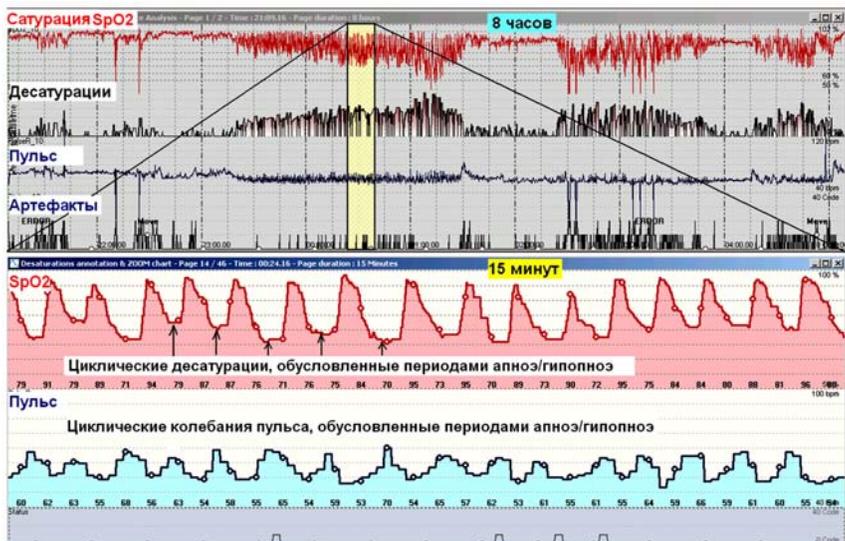
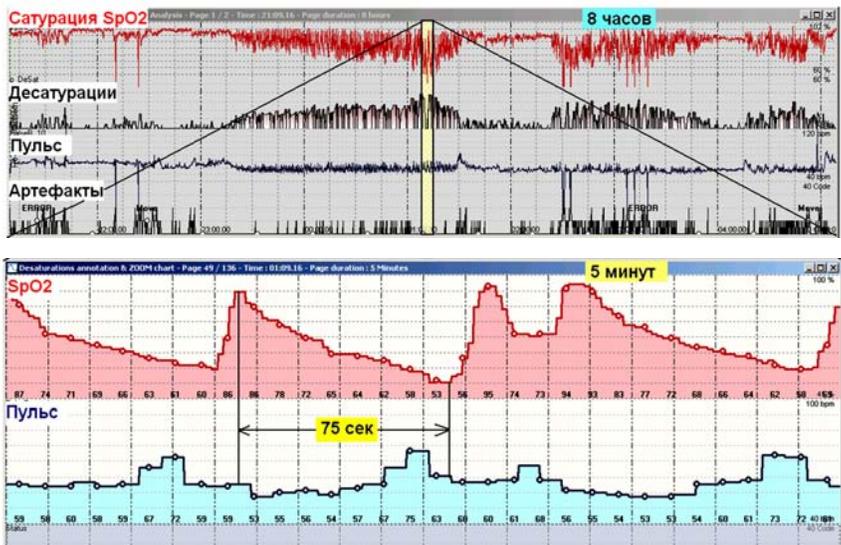


Рис. 3. Пациент 3., 49 лет, тяжелая форма синдрома обструктивного апноэ сна, ожирение 3-й ст.

Картина циклических десатураций высоко специфична для синдрома апноэ во сне. Ни одно другое патологическое состояние не дает таких характерных изменений насыщения.

Как отмечалось, наиболее частыми патологическими состояниями, проявляющимися циклическими апноэ, являются синдром обструктивного апноэ сна и дыхание Чейна – Стокса.



**Рис. 4. Пациент 3., 49 лет. Отмечено обусловленное апноэ падение сатурации с 90% до 53% (на 37%!) продолжительностью 75 секунд**

При обструктивных апноэ отмечается пологий спад и быстрый подъем сатурации в вентиляционную фазу, т. к. происходит резкое возобновление дыхания при открытии дыхательных путей.

При центральных апноэ нисходящее и восходящее колено эпизода десатурации практически равны по длительности, т. к. развитие апноэ обусловлено нарушением работы дыхательного центра, который достаточно плавно тормозится и также медленно восстанавливает свою активность.

Таким образом, вентиляция возобновляется постепенно, соответственно, восстановление сатурации также происходит достаточно плавно. Визуальный анализ кривых сатурации позволяет в определенной степени различать обструктивные и центральные апноэ. Но точный дифференциальный диагноз проводится на основании кардио-респираторного мониторинга или полисомнографии (ПСГ).

Подсчет ИД позволяет, фактически, судить об ИАГ. Таким образом, МКП с достаточной точностью позволяет предположить наличие и тяжесть синдрома апноэ во сне.

До настоящего времени в научных кругах идет активная дискуссия о целесообразности применения МКП для скрининговой диагностики апноэ сна в целом, и СОАС в частности. Высказываются мнения от полного неприятия данного метода до возможности его использования не только в качестве скринингового метода, но и для установления точного клинического диагноза СОАС. МКП, как скрининговый метод, естественно, имеет и плюсы, и минусы. Основной претензией противников МКП является низкая, по их мнению, чувствительность метода, то есть часть пациентов с имеющимся СОАС остается недиагностированной и, следовательно, нелеченной. Чувствительность и специфичность МКП в выявлении СОАС исследовалась в большом количестве работ и колебалась в широком диапазоне. По данным различных авторов, значения чувствительности составляют от 31 до 98%, специфичности – от 41 до 100% [19].

Следует отметить, что в ряде исследований, которые выявляли недостаточную чувствительность МКП, как правило, использовалась низкая частота оцифровки сигнала (например, каждые 12 секунд), то есть пульсоксиметр в течение 12 секунд измерял сатурацию, далее усреднял данные и записывал в память усредненное значение за весь период измерения. Так как при эпизодах апноэ/гипопноэ отмечаются достаточно быстрые изменения сатурации, то при данной частоте регистрации сигнала недооценивается много случаев клинически значимого СОАС.

Данный вывод подтверждают результаты исследования, в котором у пациента одновременно проводилась ПСГ и ночная пульсоксиметрия тремя идентичными пульсоксиметрами

с частотой регистрации сигнала 3, 6 и 12 секунд. Была показана достоверная разница в индексах десатураций ( $p < 0,01$ ), зарегистрированных всеми тремя пульсоксиметрами. Минимальное значение индекса десатураций было при регистрации сигнала раз в 12 секунд. Это, в свою очередь, приводило к различной клинической интерпретации результатов пульсоксиметрии врачом. Таким образом, при проведении МКП с целью детекции апноэ целесообразно устанавливать минимальный интервал измерений (не более 4 секунд, в идеале 1 секунда). Важно также наличие в пульсоксиметрах алгоритмов, которые эффективно устраняют двигательные артефакты на кривой сатурации.

Интересно отметить, что в клинически различных группах пациентов показатели чувствительности и специфичности МКП существенно различаются. Так, В. G. Cooper et al. показали, что чувствительность и специфичность МКП зависят от ИАГ. У пациентов с ИАГ  $> 25$  в час чувствительность МКП была 100%, специфичность – 95%, у пациентов с ИАГ  $> 15$  в час значения снизились до 75% и 86%, при ИАГ  $> 5$  в час – до 60% и 80% соответственно. Авторы сделали вывод, что МКП является эффективным методом скринирования пациентов со среднетяжелыми формами СОАС, но недостаточно точна при диагностике легких форм заболевания.

В другой работе одновременно проводили ПСГ и МКП и показали, что если брать за пороговое значение ИД  $> 15$  (при величине десатураций  $> 3\%$ ), то чувствительность и специфичность для выявления ИАГ  $> 20$  по данным ПСГ составила 90% и 100% соответственно. Таким образом, авторы сделали вывод, что при выявлении ИД  $> 15$  в час можно с достаточно высокой степенью достоверности утверждать, что у пациента имеется среднетяжелая форма СОАС. Другие авторы показали, что если бы анализ выполнялся только на основании

МКП, то было бы пропущено только 15% пациентов со среднетяжелой формой СОАС [19].

С практической точки зрения можно сделать вывод, что МКП вполне может применяться для выявления средних и тяжелых форм СОАС, даже при условии, что каждый 7-й пациент со среднетяжелой формой СОАС будет пропущен. Но и это будет уже огромным шагом вперед по сравнению с текущей ситуацией, когда СОАС в отечественном практическом здравоохранении не диагностируется вообще.

Чувствительность МКП при выявлении легких форм СОАС относительно невысока. Следует, однако, отметить, что легкая форма, во-первых, не несет значительных сердечно-сосудистых рисков, во-вторых, переносимость *CPAP*-терапии у таких пациентов низка.

Таким образом, даже если мы и не диагностируем методом МКП часть пациентов с легкой формой СОАС, то это не будет иметь катастрофических последствий в отношении прогноза их жизни или назначения им *CPAP*-терапии – наиболее эффективного метода лечения СОАС, т. к. пациенты, скорее всего, от него откажутся из-за отсутствия выраженных симптомов заболевания.

До настоящего времени продолжается и дискуссия о том, какую частоту десатураций в час считать клинически значимой. Разные авторы указывают на различное патологическое пороговое значение: 5 десатураций в час, 10 десатураций в час или 15 десатураций в час. Но ни у одного из авторов не возникает сомнений, что  $ID > 15$  является очевидно патологическим и требует серьезного внимания.

Еще одним важным критерием целесообразности применения любой диагностической методики является прогностическая ценность положительного результата (ПЦПР). Формула, связы-

вающая чувствительность и распространенность заболевания с ПЦПР, выводится из теоремы Байеса:

$$\text{ПЦПР} = (\text{Ч} \times \text{Р}) / [(\text{Ч} \times \text{Р}) + (1 - \text{Ч}) \times (1 - \text{Р})],$$

где ПЦПР – прогностическая ценность положительного результата;

Ч – чувствительность;

Р – распространенность.

Из формулы следует, что чем выше распространенность заболевания в исследуемой популяции, тем выше ПЦПР. Данные расчеты подтверждаются и результатами клинических исследований. *S. Gyulay et al.* установили, что при претестовой вероятности СОАС 30% ПЦПР для ИД $\geq$ 15 в час составила 83%. Если претестовая вероятность СОАС была 50%, то ПЦПР составила >90%, что является очень хорошим показателем для скринингового теста. Таким образом, даже при относительно невысокой исходной чувствительности теста ПЦПР будет увеличиваться в популяции с высокой вероятностью заболевания.

На практике это означает, что, если МКП назначается, например, женщине в возрасте 30 лет без избыточной массы тела и без указаний на храп, которая предъявляет жалобы на ранние пробуждения с невозможностью повторного засыпания (признак депрессии), то диагностическая ценность пульсоксиметрии в данном случае будет весьма незначительна из-за низкого риска наличия апноэ сна. Это вполне оправдано, т. к. у пациентов с малой вероятностью апноэ сна портативные системы, имеющие невысокую чувствительность, дают низкую предсказательную ценность положительного результата. В данном случае можно согласиться с рекомендациями Американской академии медицины сна, которые указывают на нецелесообразность проведения портативного мониторинга на предмет СОАС у асимптомных пациентов.

В то же время, если пульсоксиметрия назначается мужчине в возрасте 50 лет с ожирением 2-й степени, артериальной гипертонией, сильным храпом и жалобами на выраженную дневную сонливость, то весьма высока вероятность того, что данный простой скрининговый метод позволит поставить точный диагноз СОАС. Исходя из этого, если МКП будет выполняться у пациентов с исходно высокой вероятностью заболевания, то относительно невысокая чувствительность теста не будет существенно влиять на качество скрининговой диагностики СОАС.

Подытоживая приведенные данные, можно сформулировать критерии отбора пациентов с подозрением на СОАС, которым показано проведение МКП.

### **Критерии скринингового отбора пациентов с подозрением на СОАС**

#### ***1. Жалобы пациента:***

- регулярный храп,
- указание на остановки дыхания во сне,
- ночные приступы удушья,
- учащенное ночное мочеиспускание,
- гастроэзофагальный рефлюкс по ночам,
- утренняя головная боль,
- дневная сонливость.

#### ***2. Физикальный осмотр:***

- ожирение 1-й степени и выше (индекс массы тела  $\geq 30$ );
- увеличение окружности шеи ( $>43$  см у мужчин и  $>37$  см у женщин);
- ретрогнатия и микрогнатия;
- гипертрофия миндалин (3-й степени).

#### ***3. Коморбидные состояния (распространенность СОАС, %):***

- артериальная гипертония (30%);
- рефрактерная к лечению артериальная гипертония (83%);

- застойная сердечная недостаточность (76%);
- ночные нарушения ритма (58%);
- постоянная фибрилляция предсердий (49%);
- ИБС (38%);
- легочная гипертензия (77%);
- морбидное ожирение, ИМТ  $\geq 35$ , мужчины (90%);
- морбидное ожирение, ИМТ  $\geq 35$ , женщины (50%);
- метаболический синдром (50%);
- Пиквикский синдром (90%);
- сахарный диабет 2-го типа (15%);
- гипотиреоз (25%).

*Если у пациента имеются 3 или более жалобы из пункта 1 или хотя бы 1 критерий из пунктов 2 и 3, то пациент находится в группе риска по развитию СОАС и у него необходимо провести скрининговое исследование на предмет исключения данного заболевания.*

Высокая распространенность апноэ сна и необходимость обследования значительного количества пациентов из группы риска требуют применения простого и недорогого метода диагностики. Таковым и является МКП, которая позволяет обеспечить массовый скрининг.

В случае выявления ИД $>15$  и высокой претестовой вероятности СОАС данный диагноз не вызывает сомнений. При пограничных значениях ИД (ИД от 5 до 15) и необходимости уточнения генеза нарушений дыхания во сне требуется проведение кардиореспираторного мониторинга или ПСГ.

Уточняющие исследования особенно нужны при клиническом подозрении на апноэ сна и отрицательных данных МКП (ложноотрицательные результаты). Широкое внедрение МКП в качестве скринингового метода позволяет существенно улучшить диагностику СОАС и центрального апноэ сна (например, дыхания Чейна – Стокса).

## ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ НОЧНОЙ ГИПОКСЕМИИ

Важность точной диагностики хронической дыхательной недостаточности (ХДН) заключается в том, что гипоксемия значительно ухудшает качество жизни, увеличивает частоту осложнений и смертность. В таблице представлены показания к назначению длительной кислородотерапии, являющейся основным методом лечения тяжелой ХДН.

### Показания к назначению длительной кислородотерапии (ДКТ)

Показания	$\text{PaO}_2$ (мм рт. ст)	$\text{SpO}_2$ , %	Особые условия
Абсолютные	$\leq 55$	$\leq 88$	Нет
Относительные (при наличии особых условий)	55–59	89	Легочное сердце, отеки, полицитемия ( $\text{Ht} > 55\%$ )
Нет показаний (за исключением особых условий)	$> 60$	$\geq 90$	Десатурация во время сна. Десатурация при нагрузке. Болезнь легких с тяжелым диспноэ, уменьшающимся на фоне $\text{O}_2$

Более подробно методы диагностики и лечения ХДН приведены в других работах. Следует отметить, что ночная гипоксемия может отмечаться как в рамках тотальной ХДН, так и возникать специфически во сне, когда создаются определенные предпосылки для ухудшения вентиляционной функции легких. В рамках данного пособия мы остановимся на особом условии, приведенном в таблице: «**десатурация во время сна**».

Как отмечалось ранее, сон является фактором риска манифестации скрытых форм ХДН. В клинической практике встречаются

ситуации, когда сатурация в дневное время находится в пределах нормы, а во сне наблюдается выраженная хроническая гипоксемия. Стандартный анализ газов крови в этой ситуации не подходит, т. к. кровь забирается в состоянии бодрствования. Более того, сон является динамическим процессом, при котором сатурация может изменяться в значительных пределах. Например, в *REM*-фазе сна создаются дополнительные условия для развития гипоксемии из-за выраженной мышечной атонии и снижения хеморецепторной чувствительности к гипоксии и гиперкапнии. Таким образом, важно исследовать сатурацию непосредственно во сне и в течение всего сна. Это с успехом позволяет делать МКП. Проведение МКП показано у пациентов с симптомами, характерными для хронической ночной гипоксемии:

- затрудненное дыхание, одышка или приступы удушья в ночное время;
- ночная потливость;
- частые пробуждения и неосвежающий сон;
- учащенное ночное мочеиспускание (>2 раз за ночь);
- разбитость по утрам;
- утренние головные боли;
- цианоз;
- выраженная дневная сонливость;
- депрессия, апатия, раздражительность, сниженный фон настроения.

Данные симптомы в значительной степени отмечаются и при апноэ сна, причем часто хроническая ночная гипоксемия (ХНГ) и апноэ сна отмечаются у одного и того же пациента. Этот феномен получил название синдрома «перекреста» и рассматривается ниже.

В настоящее время предлагаются следующие критерии, которые указывают на клинически значимую гипоксемию во время сна:

- 1) средняя сатурация сна <90%;
- 2) сатурация < 90% суммарно в течение 30% от времени сна;
- 3) сатурация <88% в течение любых 5 последовательных минут во время сна.

Далее приведен пример пациента с ХНГ на фоне ХОБЛ (рис. 5).

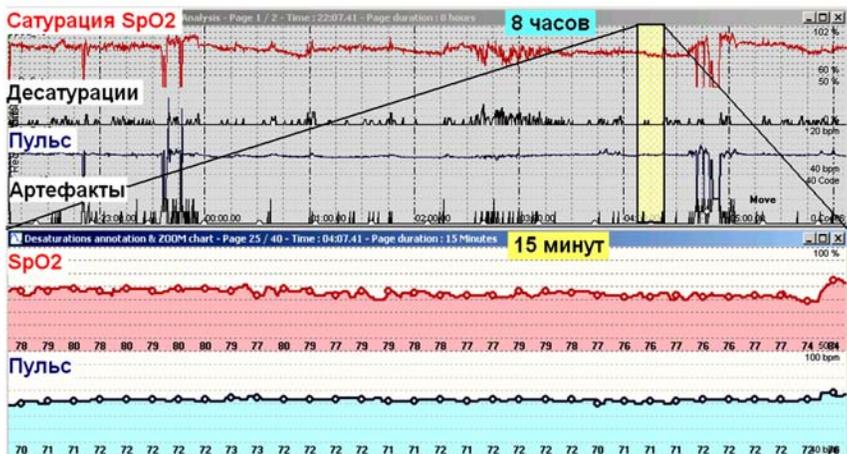
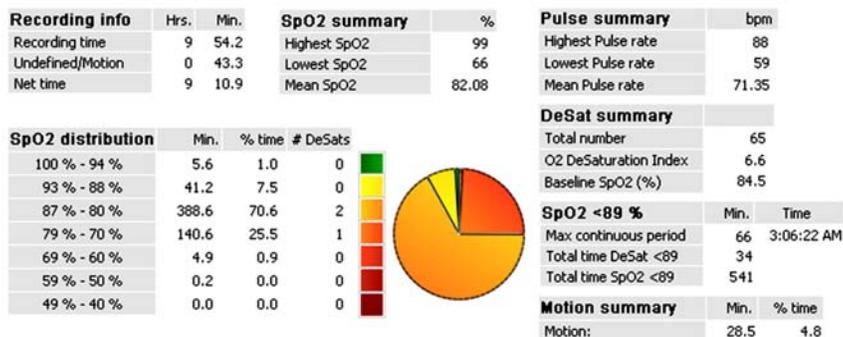


Рис. 5. Пациент Ф., 67 лет: тяжелая форма ХОБЛ (эмфизематозный тип – «розовый пыхтельщик»), хроническое легочное сердце, легочная гипертензия, дыхательная недостаточность 2-й ст., сердечная недостаточность 1-й ст.; тяжелая хроническая ночная гипоксемия

Средняя сатурация в течение ночного сна у пациента Ф. составила 82%, минимальная сатурация – 66%. Зарегистрировано 65 значимых эпизодов десатурации (6,6 эпизодов в час). Максимальный постоянный период снижения SpO<sub>2</sub> ниже 89% – 66 минут. У пациента имеется тяжелая ночная гипоксемия, обусловленная основным заболеванием. При этом выявлено лишь небольшое количество десатураций, характерных для периодов апноэ/гипопноэ. Таким образом, у пациента имеется «чистая» ХНГ и не выявлено клинически значимого синдрома апноэ во сне.

Выявление значимой ночной гипоксемии требует тщательной оценки клинической картины, уточнения диагноза и оптимизации лечения. Сохранение ночной гипоксемии на фоне стабильного состояния пациента и оптимально подобранной медикаментозной терапии может рассматриваться как показание к назначению длительной кислородотерапии во сне.

У пациента необходимо дополнительно исследовать газовый состав крови и сатурацию в дневное время. Если гипоксемия сохраняется и в дневное время, то это требует проведения постоянной кислородотерапии минимум 15 часов в сутки.

Подбор эффективной дозировки кислорода в дневное время может осуществляться под контролем газов крови и разовых измерений сатурации. Ночью обычно дозировка эмпирически увеличивается на 1 л. Однако для точной оценки эффективности лечения в ночное время требуется проведение контрольной МКП во время сна. В дальнейшем необходимо проведение МКП во сне раз в 6 месяцев или в случае значительного изменения клинического состояния пациента.

Динамическое наблюдение за эффективностью лечения в дневное время может осуществляться самим пациентом в случае наличия у него пульсоксиметра для разовых измерений.

На примере истории болезни данного пациента необходимо сделать ряд обобщений в отношении тактики диагностики и лечения пациентов с ХДН и ХНГ в отечественном здравоохранении.

Какие объективные критерии в настоящее время используются пульмонологами и кардиологами для постановки диагноза хронической дыхательной недостаточности? Конечно, «золотым стандартом» является исследование газового состава крови. На этот счет имеются четкие международные и отечественные рекомендации. Но насколько часто эти исследования выполняются у пациентов вне пределов отделений реанимации и интенсивной терапии? Кто из практических врачей назначает данное исследование в поликлинических условиях у стабильных, хотя и тяжелых, пациентов с дыхательной недостаточностью? Ведь именно у пациентов в стабильном состоянии необходимо оценивать показатели насыщения крови кислородом с целью решения вопроса о проведении длительной кислородотерапии (ДКТ). Если же врач не имеет объективных критериев гипоксемии, то он и не назначает ДКТ, хотя это одна из немногих возможностей продлить жизнь пациентам с ХДН. Здесь уместно сравнение с обычным тонометром. Если бы врач не измерял артериальное давление, то и диагноз гипертонической болезни устанавливался бы гораздо реже, т. к. клинические симптомы повышения артериального давления весьма неспецифичны.

В данной ситуации применение простой неинвазивной методики МКП дает возможность объективно оценить параметры сатурации и принять правильное клиническое решение. Широкое использование обычных и компьютерных пульсоксиметров позволит существенно улучшить выявляемость пациентов с хронической гипоксемией и улучшить прогноз их жизни, вовремя применив ДКТ.

Оценка средних значений сатурации важна для выявления хронической ночной гипоксемии и дыхательной недостаточности во сне. Снижение средних значений сатурации ниже 90% свидетельствует о выраженной дыхательной недостаточности во время сна и является одним из показаний к назначению ДКТ в ночное время.

## ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА «ПЕРЕКРЕСТА»

Сочетание СОАС и ХНГ получило название «*overlap*» синдрома, или синдрома «перекреста», при котором происходит суммирование отрицательного влияния обоих патологических состояний на параметры насыщения крови кислородом во время ночного сна.

Частое сочетание СОАС и ХНГ обусловлено тем, в этиологии обоих состояний важнейшую роль играет ожирение. При ожирении происходит механическое сдавление жиром дыхательных путей на уровне глотки, что вызывает их спадение во сне и развитие СОАС. В то же время ожирение приводит к невозможности поддержания нормальной вентиляционной функции из-за ограничения подвижности грудной клетки и диафрагмы.

Во время сна межреберные мышцы выключаются из акта дыхания, и работает одна диафрагма. Если же у человека имеется избыточная масса тела, то в горизонтальном положении избыточные отложения жира в области живота давят на диафрагму, смещают ее в сторону легких и существенно ограничивают ее подвижность. Дыхательный объем существенно снижается, развивается гиповентиляция и хроническая ночная гипоксемия. СОАС и ХНГ также часто отмечаются у пациентов с ожирением и ХОБЛ (рис. 6).

В данном случае средняя сатурация бодрствования составила 85%, средняя сатурация сна во время сна – 79,9%. Минимальная

сатурация 50%. Максимальный постоянный период снижения SpO<sub>2</sub> ниже 89% – 20 минут.

Обращает на себя внимание резкое снижение сатурации после начала сна и восстановление до исходных значений после пробуждения (показано стрелками). «Корытообразный» провал сатурации во время сна характерен для гипоксемии, обусловленной альвеолярной гиповентиляцией. Помимо этого зарегистрирован 571 значимый эпизод десатурации, характерный для апноэ/гипопноэ (64,3 в час).

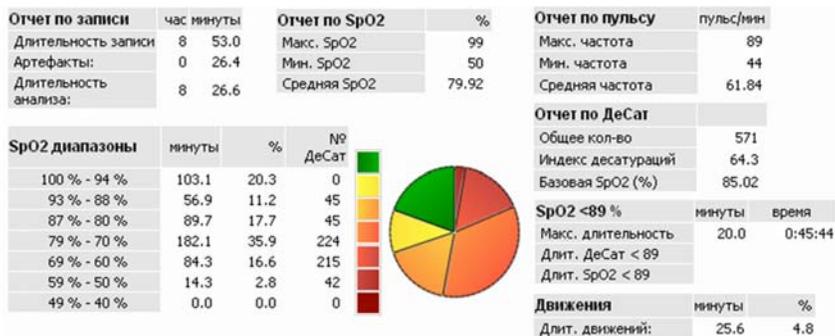


Рис. 6. Пациентка Б., 68 лет: тяжелая форма ХОБЛ (бронхитический тип – «синяя сопелка»), ожирение 3-й ст., хроническое легочное сердце, легочная гипертензия, полицитемия, дыхательная недостаточность 2-й ст.; синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма; хроническая ночная гипоксемия, тяжелая форма

На 10-минутной развертке отчетливо видно, что в момент пробуждения сатурация существенно возрастает почти до нормы, но как только пациентка снова засыпает, сатурация резко снижается, при этом появляются характерные для апноэ эпизоды десатураций. Но даже в вентиляционную фазу после апноэ сатурация не достигает нормы, что характерно для сочетания апноэ сна и хронической ночной гипоксемии.

Необходимость точной диагностики как ХНГ, так и СОАС имеет чрезвычайно важное практическое значение. При сочетании ХНГ и СОАС подача только кислорода во сне не дает должного терапевтического эффекта из-за сохраняющихся частых периодов обструктивного апноэ. Более того, периоды апноэ могут существенно удлиняться. Это обусловлено тем, что на фоне кислородотерапии критическое падение сатурации, пробуждающее мозг, наступает значительно позже.

Применение неинвазивной вентиляции легких постоянным положительным давлением во время сна (*CPAP*-терапия) у данной категории пациентов также может не дать полного клинического эффекта, т. к. устраняются только обструктивные нарушения дыхания и в значительно меньшей степени альвеолярная гиповентиляция и ХНГ.

У данной категории пациентов наиболее патогенетически обоснованным является применение неинвазивной вентиляции легких двухуровневым положительным давлением во время сна (*BiLevel*-терапия). Данный метод позволяет устранить СОАС и обеспечить вспомогательную вентиляцию легких и устранение гиповентиляции. Если *BiLevel*-терапия не устраняет полностью гипоксемию, то в контур вентилятора добавляется кислород 1–4 литра в минуту (используется кислородный концентратор). Подбор режима лечения должен осуществляться под контролем кардио-респираторного мониторинга или ПСГ в реальном времени.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЧЕСКОГО СКРИНИНГА РАССТРОЙСТВ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ

На основании нашего практического опыта можно рекомендовать схему трехэтапной диагностики СОАС. На первом этапе на основании жалоб, анамнеза, физикального осмотра и наличия соматических диагнозов, при которых высока вероятность СОАС, формируется группа риска (согласно Критериям отбора – см. стр. 22).

На втором этапе выполняется МКП. В случае выявления  $ID < 5$  в час диагноз СОАС маловероятен и дальнейшего обследования не требуется. При индексе десатураций от  $>5$  до  $<15$  в час диагноз СОАС возможен, но требуется проведение уточняющих исследований (кардио-респираторный мониторинг, ПСГ). При  $ID > 15$  диагноз СОАС можно считать подтвержденным.

На третьем этапе применяется уточняющий метод диагностики в соответствии с рекомендациями Американской медицинской ассоциации (ПСГ, кардио-респираторный мониторинг, респираторный мониторинг). Выбор его зависит от клинической ситуации и наличия соответствующего оборудования в сомнологическом центре. Проведение ПСГ показано в случае подозрения на сочетание СОАС с другими расстройствами сна (синдром периодических движений конечностей во сне, бессонница и т. д.). Кардио-респираторный мониторинг целесообразно проводить с целью уточнения связи СОАС с нарушениями ритма сердца. Респираторный мониторинг является минимально достаточной методикой для диагностики собственно СОАС. При явной тяжелой форме СОАС по данным МКП можно сразу назначать *CPAP*-терапию без дополнительных уточняющих исследований.

Западные исследователи особо подчеркивают, что у пациентов с резко патологическими данными пульсоксиметрии *CPAP*-терапия должна назначаться незамедлительно без длительного нахождения пациента в листе ожидания на ПСГ.

Внедрение указанной трехэтапной схемы диагностики СОАС в санатории «Барвиха» позволило существенно увеличить выявляемость апноэ сна, которая достигла 11% от всех первичных пациентов. При этом охват методикой МКП составил около 50% от всех поступающих в санаторий первичных пациентов.

В 2010 г. начато внедрение программы пульсоксиметрического скрининга нарушений дыхания во сне в поликлиниках № 1–3 Управления делами Президента РФ (контингент около 50 000 человек). В основу концепции развития сомнологической помощи в поликлиниках легла эффективно реализуемая в течение 5 лет в санатории «Барвиха» трехэтапная стратегия скрининга пациентов с подозрением на расстройства дыхания во сне, описанная выше.

На подготовительном этапе проведены организационно-методические совещания с руководством поликлиник, прочитаны лекции по нарушениям дыхания во сне на общеполитических конференциях. Проведены встречи с врачами практически всех отделений (терапия, кардиология, пульмонология, неврология, эндокринология, оториноларингология), в которых потенциально могли наблюдаться пациенты с СОАС. Размещена информация на сайтах поликлиник, подготовлены информационные материалы для врачей и пациентов. Самой сложной задачей этапа была определенная психологическая перестройка персонала: некоторые врачи, проработав по 20 лет, ни разу до этого не установили диагноза СОАС.

Технологически внедрение методики МКП в поликлиниках не представляло существенных трудностей. Лечащие врачи

на основании данных анамнеза, осмотра и наличия определенных соматических диагнозов формировали группу риска и направляли пациентов на МКП в отделение функциональной диагностики (ОФД) поликлиники.

Всю техническую работу с пульсоксиметрами выполняла подготовленная медсестра ОФД, которая программировала пульсоксиметр и выдавала его пациенту. Пациент в домашних условиях самостоятельно перед сном устанавливал датчик пульсоксиметра на палец (аппарат автоматически включается), снимал утром (аппарат автоматически выключается) и возвращал в ОФД. Данные пульсоксиметра медсестра переносила на компьютер и распечатывала стандартизованное заключение, которое передавала врачу ОФД для интерпретации и выдачи заключения. Врач ОФД интерпретировал данные и оформлял заключение в течение 10 минут. Заключение передавалось лечащему врачу. В связи с низкой трудоемкостью методики не потребовалось даже увеличения штатов ОФД.

В случае выявления значимых нарушений сатурации по данным МКП (ИД > 5 в час) пациент направлялся на консультацию к врачу отделения восстановительного сна санатория «Барвиха», который обеспечивал фиксированный еженедельный прием пациентов во всех 3 поликлиниках. В случае необходимости назначались уточняющие методы диагностики – ПСГ или кардио-респираторный мониторинг, которые проводились в отделении восстановительного сна санатория «Барвиха».

За период реализации проекта в течение года (с октября 2010 по октябрь 2011 г.) в поликлиниках выполнено 232 МКП, проконсультировано 226 пациентов. У 111 пациентов по данным МКП выявлено подозрение на апноэ сна (ИД >5), из них у 73 пациентов – среднетяжелая форма заболевания (ИД >15). 36 пациентов прошли углубленное дообследование в отделении восстановительного сна санатория «Барвиха» У 33 пациен-

тов был подтвержден диагноз среднетяжелой формы синдрома обструктивного апноэ сна. У 28 пациентов инициирована неинвазивная вспомогательная вентиляция легких постоянным положительным давлением (*CPAP*-терапия). В настоящее время 16 пациентов продолжают долгосрочную *CPAP*-терапию в домашних условиях.

Организация еженедельного консультативного приема, который осуществлял сотрудник отделения восстановительного сна санатория «Барвиха» в поликлиниках, обеспечила хорошую преемственность в ведении пациентов. Во-первых, пациент получал квалифицированную консультацию непосредственно в поликлинике; во-вторых, были обеспечены единые подходы к ведению пациента на этапе «поликлиника – отделение восстановительного сна»; в-третьих, динамическое наблюдение пациентов, продолжающих *CPAP*-терапию на дому, также осуществлялось в поликлинике.

Анализ проведенной работы позволяет сделать вывод, что внедрение программы пульсоксиметрического мониторинга в поликлиниках Управления делами Президента РФ позволило резко увеличить выявляемость пациентов с СОАС.

Интересен тот факт, что до начала внедрения программы в поликлиниках СОАС практически не диагностировался. Но, несмотря на очевидное увеличение выявляемости нарушений дыхания во сне, возможности пульсоксиметрического скрининга еще далеко не исчерпаны.

Если принять во внимание, что контингент поликлиник составляет около 50 000 человек, а распространенность СОАС составляет около 3% от общей взрослой популяции, то на текущий момент в поликлиниках наблюдается не менее 1500 пациентов с клинически значимыми формами СОАС. Таким образом, за год диагноз установлен менее чем у 7% потенциального числа пациентов с СОАС. С учетом изложенного в поликли-

никах Управления делами Президента РФ в ближайшее время предполагается существенно интенсифицировать процесс пульсоксиметрического скрининга нарушений дыхания во сне.

### **Результаты внедрения программы мониторинговой компьютерной пульсоксиметрии в ОАО «Санаторий «Металлург»**

Учитывая высокую распространенность нарушений дыхания во сне и появление на рынке портативных компьютерных пульсоксиметров, было решено внедрить программу компьютерного пульсоксиметрического мониторинга расстройств дыхания во сне. В апреле 2011 г. в санатории «Металлург» внутренним распоряжением был введен порядок, предусматривающий проведение компьютерной пульсоксиметрии у всех пациентов с определенным перечнем соматических диагнозов (см. Критерии отбора — стр. 22).

Из общего числа пациентов, поступивших в санаторий с апреля 2011 г. по февраль 2012 г., было отобрано 170 пациентов (96 мужчин, 74 женщины, средний возраст 47±5,6 лет), у которых был выставлен хотя бы один из соматических диагнозов, приведенных в Критериях отбора.

У этих пациентов была проведена компьютерная пульсоксиметрия в течение ночного сна. Применялись компьютерные пульсоксиметры *Pulse Ox 7500*, *SPO Medical*, Израиль. Выявленные нарушения дыхания во сне в большинстве случаев были подтверждены проведением респираторного мониторинга.

Из 170 обследованных в санатории пациентов нарушения дыхания во сне выявлены у 86 (50,5%). У 51 (59,3%) из них выявлен синдром обструктивного апноэ (легкая, умеренная и тяжелая формы), у 9 (10,4%) — хроническая ночная гипоксемия, у 26 (30,3%) — сочетание обоих патологических состояний. От общего числа пациентов санатория выявляемость нарушений дыхания во сне составила 16,4% .

До применения скрининговой методики с использованием компьютерных пульсоксиметров данные диагнозы не ставились в санатории вообще и такие пациенты оставались без лечения.

Следует отметить, что пульсоксиметрия проводилась у достаточно «сохранных» пациентов, у которых не было формальных противопоказаний к санаторно-курортному лечению. Можно предположить, что в условиях стационара, особенно пульмонологических и кардиологических отделений, выявляемость нарушений дыхания во сне была бы значительно выше из-за тяжести соматического статуса пациентов.

Внедрение данной методики не увеличило существенно нагрузку на медицинский персонал. Затраты времени на установку и расшифровку одного компьютерного пульсоксиметра занимали не более 15 минут.

Два пульсоксиметра могли быть установлены дежурной медсестрой наряду с проведением респираторного мониторинга. Так как пульсоксиметр может быть запрограммирован на автоматический старт и остановку, перед сном пациент самостоятельно устанавливает его на палец – прибор включается, утром снимает – прибор выключается. Далее пульсоксиметр возвращается персоналу для расшифровки в рабочее время.

24% пациентов, поступавших в санаторий, имели соматические диагнозы, при которых целесообразно проводить пульсоксиметрический скрининг на предмет выявления нарушений дыхания во сне.

При проведении компьютерной пульсоксиметрии значимые нарушения дыхания во сне были выявлены у 46,6% обследованных пациентов (11,2% от общего числа пациентов санатория).

\* \* \*

Широкое внедрение МКП в практическое здравоохранение позволит существенно улучшить диагностику синдрома обструктивного апноэ сна, дыхания Чейна – Стокса и хронической

ночной гипоксемии. Современная медицина располагает эффективными методами лечения данных патологических состояний. Вовремя назначенное лечение обеспечивает улучшение прогноза и качества жизни пациентов с расстройствами дыхания во сне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шурыгин, И. А.** Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. – СПб.: Невский Диалект; М.: БИНОМ, 2000. – 301 с.
2. Evolution of sleep apnea syndrome in sleepy snorers: a population-based prospective study/E. Lindberg [et al.] // *Am J Respir Crit Care Med*. – 1999. V. 159. – P. 6024–6027.
3. **Jennum, P.** Epidemiology of snoring and obstructive sleep apnoea in the Danish population age 30–60/P. Jennum, A. Soul // *J Sleep Res*. – 1992. – № 1. – P. 240–244.
4. **Lavie, P.** Prevalence of sleep apnea syndrome among patients with essential hypertension/P. Lavie, R. Ben-Yosef, A. E. Rubin // *Am Heart J*. – 1984. – V. 108. – P. 373–376.
5. **Lindberg, E.** Epidemiology of OSA/E. Lindberg // *Eur Respir Mon*. – 2010. – V. 50. – P. 51–68.
6. **Lindberg, E.** Epidemiology of sleep-related obstructive breathing/E. Lindberg, T. Gislason // *Sleep Med Rev*. – 2000. – № 4. – P. 411–433.
7. Long-term cardiovascular outcomes in men with obstructive sleep apnoea-hypopnoea with or without treatment with continuous positive airway pressure: an observational study/J.M. Marin [et al.] // *Lancet*. – 2005. – V. 365. – P.1046–1053.
8. Management of obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome in adults. A national clinical guideline [Электрон. ресурс]. – 2003. – URL: <http://www.sign.ac.uk/uidelines/fulltext/73/index.html>.
9. NICE technology appraisal guidance 139, march 2008. Continuous positive airway pressure for the treatment of obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome, Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea in adults, Institute for Clinical Systems Improvement. – Bloomington (MN): Institute for Clinical Systems Improvement (ICSI), 2008.

10. Prevalence of sleep apnoea syndrome in the Spanish adult population/J.M. Marin [et al.] // *Int J Epidemiol.* – 1997. – V. 26. – P. 381–386.
11. Sleep Apnea as an Independent Risk Factor for All-Cause Mortality: The Busselton Health Study/N. S. Marshall [et al.] // *Sleep.* – 2008. – № 31 (8). – P. 1079–1085.
12. Sleep apnoea syndromes/C. Guilleminault, W.C. Dement (eds). – New York: Alan R. Liss Inc., 1978.
13. Sleep-Disordered Breathing and Mortality: Eighteen-Year Follow-up of the Wisconsin Sleep Cohort/T. Young [et al.] // *Sleep.* – 2009. – № 31 (8) – P. 1071–1078.
14. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: an outcome-based definition of hypopneas/N.M. Punjabi [et al.] // *Am J Respir Crit Care Med.* – 2008. – DOI: 10.1164/rccm.200712-1884OC.
15. Sleep-disordered breathing in community-dwelling elderly/S. Ancoli-Israel [et al.] // *Sleep.* – 1991. – № 14 (6). – P. 486–495.
16. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. The Report of an American Academy of Sleep Medicine Task Force // *Sleep.* – 1999. – № 22. – P. 667–689.
17. **Sohn, H.** Evaluation of sleep-disordered breathing in children/H. Sohn, R.M. Rosenfeld // *Otolaryngol Head Neck Surg.* – 2003. – № 128 (3). – P. 344–352.
18. **Stradling, JR.** Predictors and prevalence of obstructive sleep apnoea and snoring in 1,001 middle aged men/JR. Stradling, JH. Crosby // *Thorax.* – 1991. – № 46. – P. 85–90.
19. Utility of home oximetry as a screening test for patients with moderate to severe symptoms of obstructive sleep apnea/R. Golpe [et al.] // *Sleep.* – 1999. – № 22. – P. 932–937.
20. **Young, T.** Epidemiology of obstructive sleep apnea: A Population Health Perspective/T. Young, P.E. Peppard, D.J. Gottlieb // *Am J Respir Crit Care Med.* – 2002. – № 165 (9). – P. 1217–1239.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Список сокращений . . . . .	5
Основы пульсоксиметрии . . . . .	6
Ограничения и погрешности метода . . . . .	7
Мониторинговая компьютерная пульсоксиметрия . . . . .	8
Диагностика апноэ сна . . . . .	13
Диагностика хронической ночной гипоксемии . . . . .	24
Диагностика синдрома «перекреста». . . . .	29
Практический опыт внедрения программы пульсоксиметрического скрининга расстройств дыхания во сне . . . . .	32
Список литературы . . . . .	38

*Учебное издание*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ**

Учебное пособие

Составители:

**Бузунов** Роман Вячеславович,  
**Кононов** Юрий Николаевич,  
**Иванова** Ирина Леонидовна и др.

Компьютерный набор *С.Л. Лопухин*  
Верстка и оригинал-макет *К.А. Зеленин*

Подписано в печать 05.12.2012. Формат 60×84/16.

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 2,44. Уч.-изд. л. 1,61.

Тираж 200 экз. Заказ 1

Отпечатано на оборудовании РИО ГБОУ ВПО ИГМА  
426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281.

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ ОКСИМЕТР | PULSE OX-7500

Эффективный и недорогой метод массового скрининга пациентов с подозрением на синдром обструктивного апноэ сна, синдром центрального апноэ сна и хроническую ночную гипоксемию в условиях поликлиники и стационара. Оценка эффективности проведения неинвазивной вентиляции легких и кислородотерапии во время ночного сна.



SPO, Израиль

## КАРДИО-РЕСПИРАТОРНАЯ СОМНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА | SOMTE



COMPUTEMEDICS | Австралия

Точная диагностика нарушений дыхания во сне, оценка взаимосвязи нарушений на ЭКГ (классификации QRS комплексов, вариабельностью ритма, оценкой ST сегмента и т.д.\*) с нарушениями дыхания во сне, диагностика синдрома периодических движений конечностей во сне, дополнительные возможности подключения электрофизиологических каналов.

\* данные параметры полностью доступны при опциональном использовании функции полноценной регистрации холтер ЭКГ.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР AUTO-CPAP (АВТОМАТИЧЕСКИЙ СИПАП) SOMNOBALANCE-E



WEINMANN, Германия

- Эффективное лечение пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна на основе алгоритма автоматической настройки лечебного давления (Auto-CPAP).
- Точный алгоритм дифференцировки центральных и обструктивных нарушений
- Комфорт и физиологичность дыхания за счет снижения лечебного давления в начале каждого выдоха (Функция SoftPAP).
- Автоматическое включение/выключение аппарата на основе детекции дыхания пациента.
- Детальный объективный анализ результатов лечения с помощью русифицированной программы Weinmann Support.



**СПИРО**  
медикал <sup>2</sup>

**«Dum spiro – spero»**  
**(«Пока дышу – надеюсь»)**  
Из Овидия

Компания "Спиро Медикал" является официальным представителем в России компаний "WEINMANN" (Германия), "SPO" (Израиль) и "COMPUMEDICS" (Австралия).

**Компания «Спиро Медикал» реализует следующие виды деятельности:**

- Создание "под ключ" сомнологических центров.
  - Продажа полисомнографических систем, систем кардиореспираторного и респираторного мониторинга.
- Продажа организациям и частным лицам оборудования для лечения храпа, апноэ сна, соннозависимой дыхательной недостаточности: CPAP и BiLevel аппараты, кислородные концентраторы.
  - Прокат оборудования для респираторной поддержки.
- Доставка оборудования в любой регион России, гарантийное и постгарантийное обслуживание.

**ООО «Спиро Медикал» | [www.spiromedical.ru](http://www.spiromedical.ru)**

**Москва:** E-mail: [info@spiromedical.ru](mailto:info@spiromedical.ru) | тел/факс. (495) 988-64-90 | тел. моб. (495) 77-33-195  
**Санкт-Петербург:** E-mail: [spb@spiromedical.ru](mailto:spb@spiromedical.ru) | тел/факс. (812) 313-51-21 | тел. моб. (981) 726-12-67  
**Новосибирск:** E-mail: [novosibirsk@spiromedical.ru](mailto:novosibirsk@spiromedical.ru) | тел/факс. (383) 266-70-27 | тел. моб. (383) 286-24-50  
**Екатеринбург:** E-mail: [ekaterinburg@spiromedical.ru](mailto:ekaterinburg@spiromedical.ru) | тел/факс. (343) 355-63-45 | тел. моб. (912) 630-27-97  
**Барнаул:** E-mail: [barnaul@spiromedical.ru](mailto:barnaul@spiromedical.ru) | тел/факс. (3852) 65-92-68 | тел. моб. (3852) 57-14-57  
**Челябинск:** E-mail: [chelyabinsk@spiromedical.ru](mailto:chelyabinsk@spiromedical.ru) | тел/факс. (351) 740-01-40 | тел. моб. (351) 233-12-38