

Управление делами Президента Российской  
Федерации

ФГУ «Клинический санаторий «Барвиха»

ОТДЕЛЕНИЕ МЕДИЦИНЫ СНА

[www.sleepnet.ru](http://www.sleepnet.ru)

тел. (495) 635-69-07, 635-69-08



**КОМПЬЮТЕРНАЯ МОНИТОРИНГОВАЯ  
ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ АПНОЭ  
СНА И ХРОНИЧЕСКОЙ НОЧНОЙ ГИПОКСЕМИИ**

**Д.м.н. Р.В. Бузунов**

# СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ И ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

- Общая протяженность сосудов человека - около 86 000 км
- Общая площадь легких - около 100 кв. м.
- За сутки человек делает около 20000 вдохов и вдыхает 10 кубометров воздуха
- Сердце сокращается около 100000 раз и прокачивает 7 тонн крови

Зачем нужна эта титаническая работа?

Вся эта работа обеспечивает единственный  
показатель гомеостаза организма:  
насыщение артериальной крови кислородом

**Пульсоксиметрия** – неинвазивный метод измерения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови (SpO<sub>2</sub>)

В клинической практике предлагается пользоваться терминами «насыщение артериальной крови кислородом» или «оксигенация артериальной крови», а сам параметр SpO<sub>2</sub> обозначать термином «сатурация».

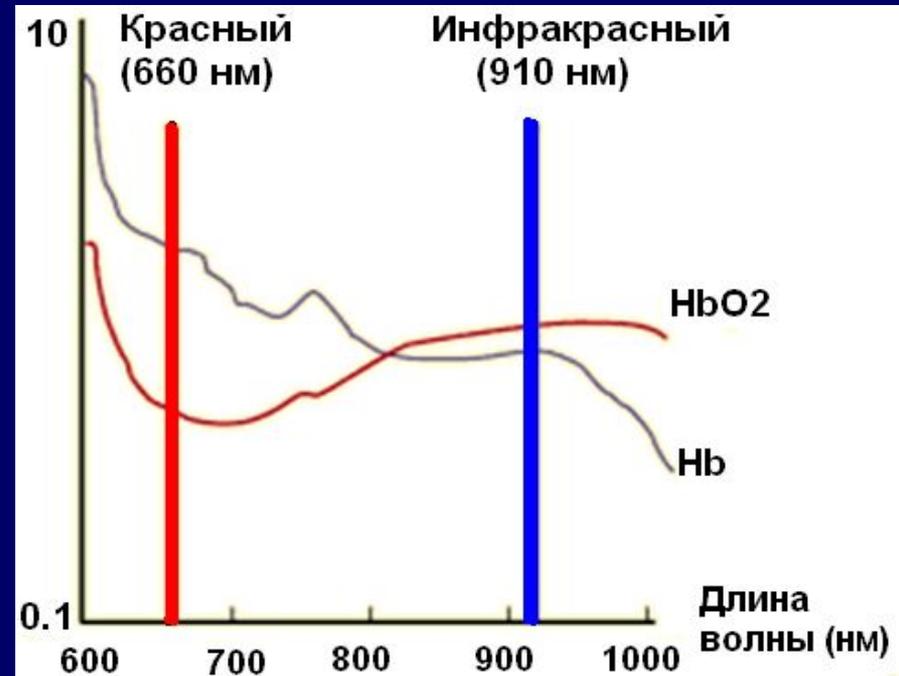
# ТЕРМИНОЛОГИЯ

|                  |  |
|------------------|--|
| SpO <sub>2</sub> | Сатурация, измеренная неинвазивным методом   |
| SaO <sub>2</sub> | Сатурация, измеренная в крови лабораторным методом   |
| PaO <sub>2</sub> | Парциальное давление кислорода, растворенного в плазме (около 3% от общего содержания кислорода) |
| CaO <sub>2</sub> | Общее количество кислорода в крови<br>SaO <sub>2</sub> +PaO <sub>2</sub>                         |

# ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРА (1)

Оксигенированный гемоглобин (HbO<sub>2</sub>) больше поглощает инфракрасный свет.

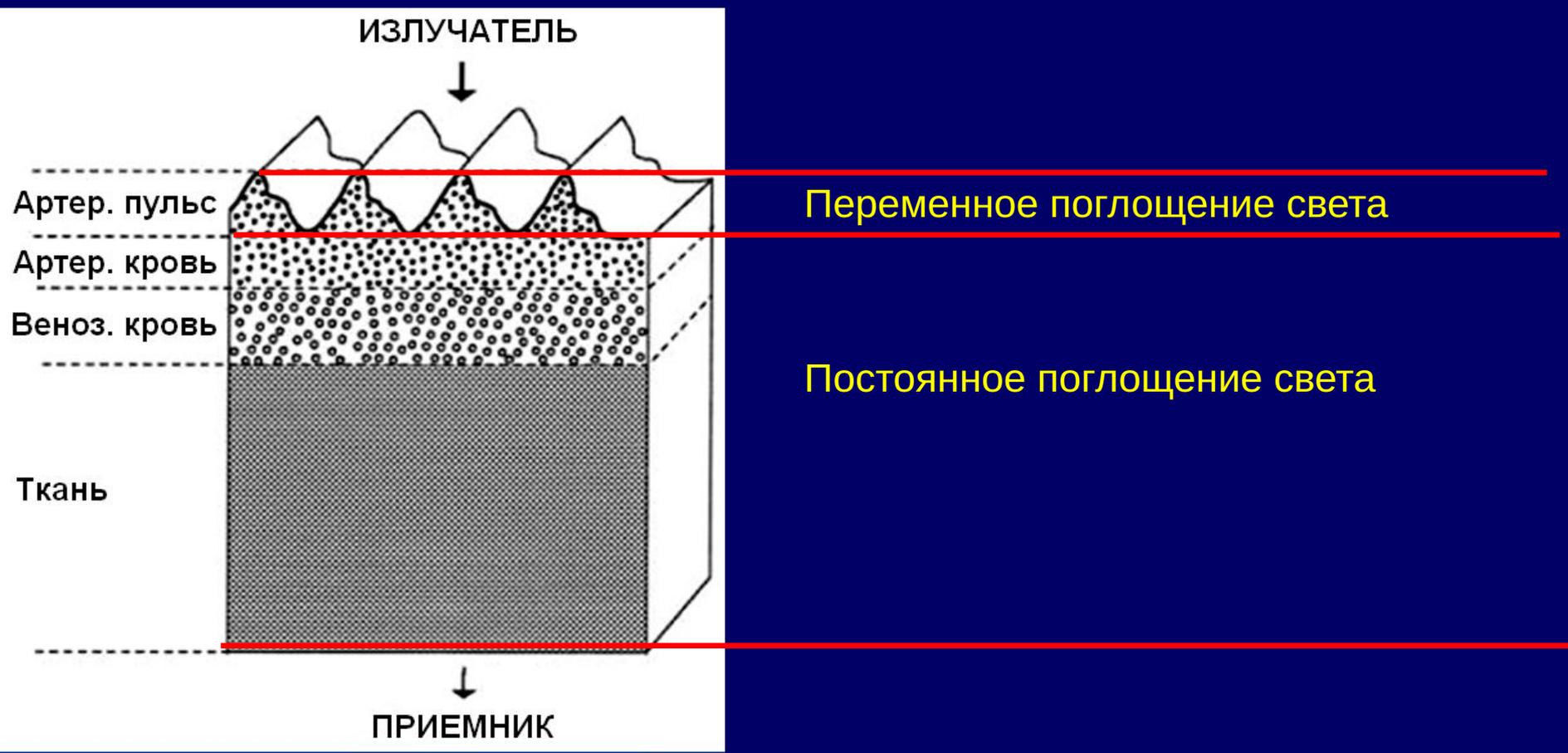
Деоксигенированный гемоглобин (Hb) больше поглощает красный свет.



В пульсоксиметре установлены два светодиода, излучающих красный (600-750 нм) и инфракрасный свет (850-1000 нм). По изменению соотношения в поглощении красного и инфракрасного света во время систолы и диастолы пульсоксиметр определяет содержание оксигенированного гемоглобина в артериальной крови.

# ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРА (2)

Во время систолы отмечается небольшое увеличение артериального компонента кровотока (пульсовая волна). По изменению степени поглощения света определяется содержание оксигенированного гемоглобина в артериальной крови.



# ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРА (3)

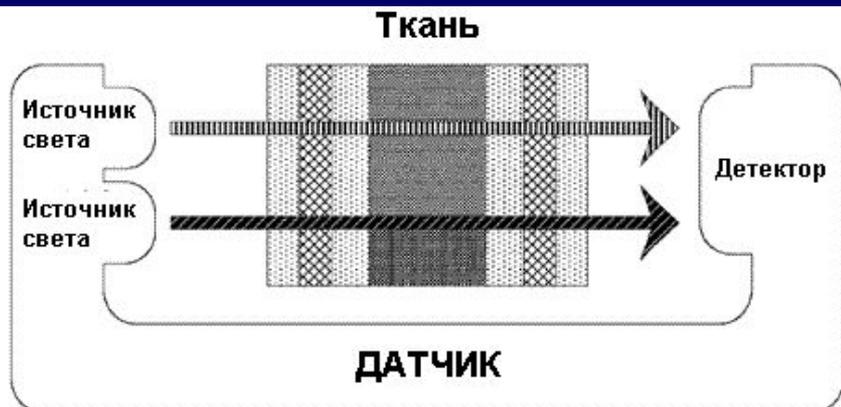
Сатурация рассчитывается, как соотношение количества HbO<sub>2</sub> к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

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

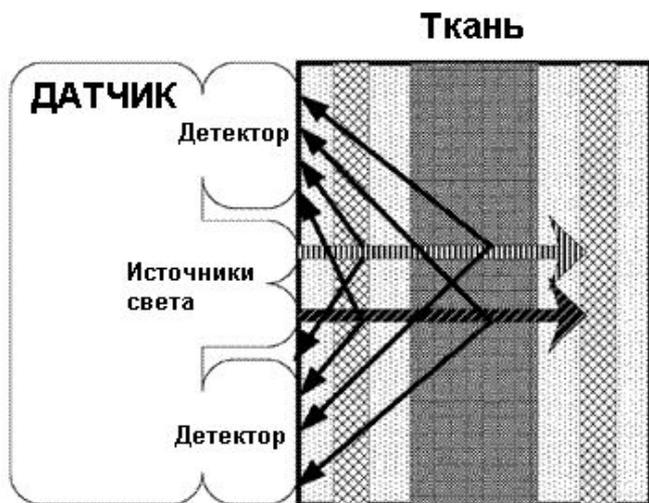
Например, если 95 молекул гемоглобина насыщено кислородом, то:

$$SpO_2 = (95 / 95 + 5) \times 100 = 95\%$$

# ТИПЫ ПУЛЬСОКСИМЕТРОВ



Трансмиссионная пульсоксиметрия (на просвет)



Рефракционная пульсоксиметрия (на отражение)

- Венозная кровь
- Артериальная кровь
- Ткань
- Красный свет
- Инфракрасный свет



Wrist Ox 3100, Nonin, США



Pulse Ox 7500, SPO Medical, Израиль

# ОГРАНИЧЕНИЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ

Пульсоксиметрия является непрямым методом оценки вентиляции и не дает информации об уровне  $pH$  и  $P_aCO_2$ . Таким образом, не представляется возможным оценить в полной мере параметры газообмена пациента, в частности степень гиповентиляции и гиперкапнии

# ПРИЧИНЫ АРТЕФАКТОВ

- Яркий внешний свет
- Двигательная активность.
- Неправильное расположение датчика.
- Периферический вазоспазм (шок, гипотермия, гиповолемия)
- Отравление угарным газом
- Лак для ногтей
- Анемия
- Трикуспидальная регургитация
- Сердечные аритмии
- Снижение точности измерения при сатурации ниже 70%

Возраст, пол, желтуха и кожа темного цвета практически не влияют на работу пульсоксиметра.

**Компьютерная пульсоксиметрия** — метод длительного мониторинга сатурации и пульса. Для мониторинга применяются компьютерные оксиметры, обеспечивающие регистрацию сигнала с дискретностью раз в несколько секунд (от 1 до 10 секунд). Таким образом, за 8 часов сна компьютерный пульсоксиметр может выполнить более 28000 измерений и сохранить полученные данные в памяти прибора

# Компьютерный пульсоксиметр Pulse Ox 7500

- Первый в мире компьютерный пульсоксиметр, работающий на отражающей технологии.
- Используется для мониторинга насыщения крови кислородом и пульса днем и во время ночного сна.
- 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)
- Емкости батарейки хватает на 300 часов работы (при регистрации раз в 10 секунд)
- Устойчивость к различным видам двигательных артефактов
- Программа обработки позволяет анализировать кривые сатурации и пульса. Автоматически формируется отчет.



# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИРОВАНИЯ САТУРАЦИИ ВО ВРЕМЯ СНА

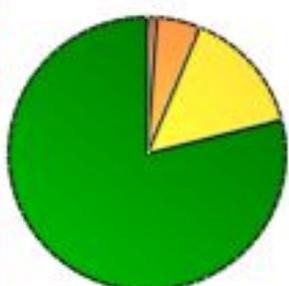
Компьютерная программа автоматически генерирует отчет, включающий следующие параметры:

- Максимальная, минимальная и средняя сатурация.
- Максимальный, минимальный и средний пульс.
- Количество значимых периодов падения насыщения крови кислородом (десатураций), отражающих количество апноэ и гипопноэ.
- 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).

# СУММАРНЫЙ ОТЧЕТ ПО НОЧНОЙ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ

| Recording info   |      |      | SpO2 summary |       | Pulse summary      |       |
|------------------|------|------|--------------|-------|--------------------|-------|
| Hrs.             | Min. |      |              | %     |                    | bpm   |
| Recording time   | 9    | 19.0 | Highest SpO2 | 99    | Highest Pulse rate | 86    |
| Undefined/Motion | 0    | 8.9  | Lowest SpO2  | 71    | Lowest Pulse rate  | 46    |
| Net time         | 9    | 10.1 | Mean SpO2    | 94.52 | Mean Pulse rate    | 63.44 |

| SpO2 distribution |       | Min. | % time | # DeSats   |
|-------------------|-------|------|--------|--|
| 100 % - 94 %      | 439.6 | 79.9 | 4      |  |
| 93 % - 88 %       | 82.7  | 15.0 | 179    |  |
| 87 % - 80 %       | 28.4  | 5.2  | 55     |  |
| 79 % - 70 %       | 6.1   | 1.1  | 23     |  |
| 69 % - 60 %       | 0.0   | 0.0  | 0      |  |
| 59 % - 50 %       | 0.0   | 0.0  | 0      |  |
| 49 % - 40 %       | 0.0   | 0.0  | 0      |  |

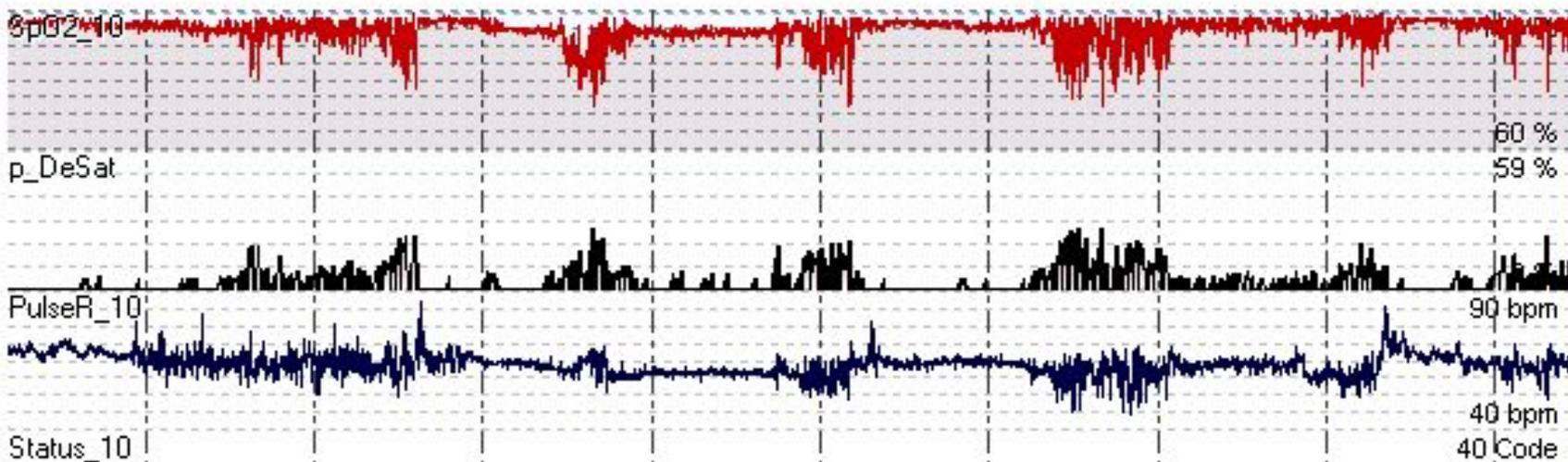
| DeSat summary         |       |
|-----------------------|-------|
| Total number          | 365   |
| O2 DeSaturation Index | 39.2  |
| Baseline SpO2 (%)     | 97.27 |

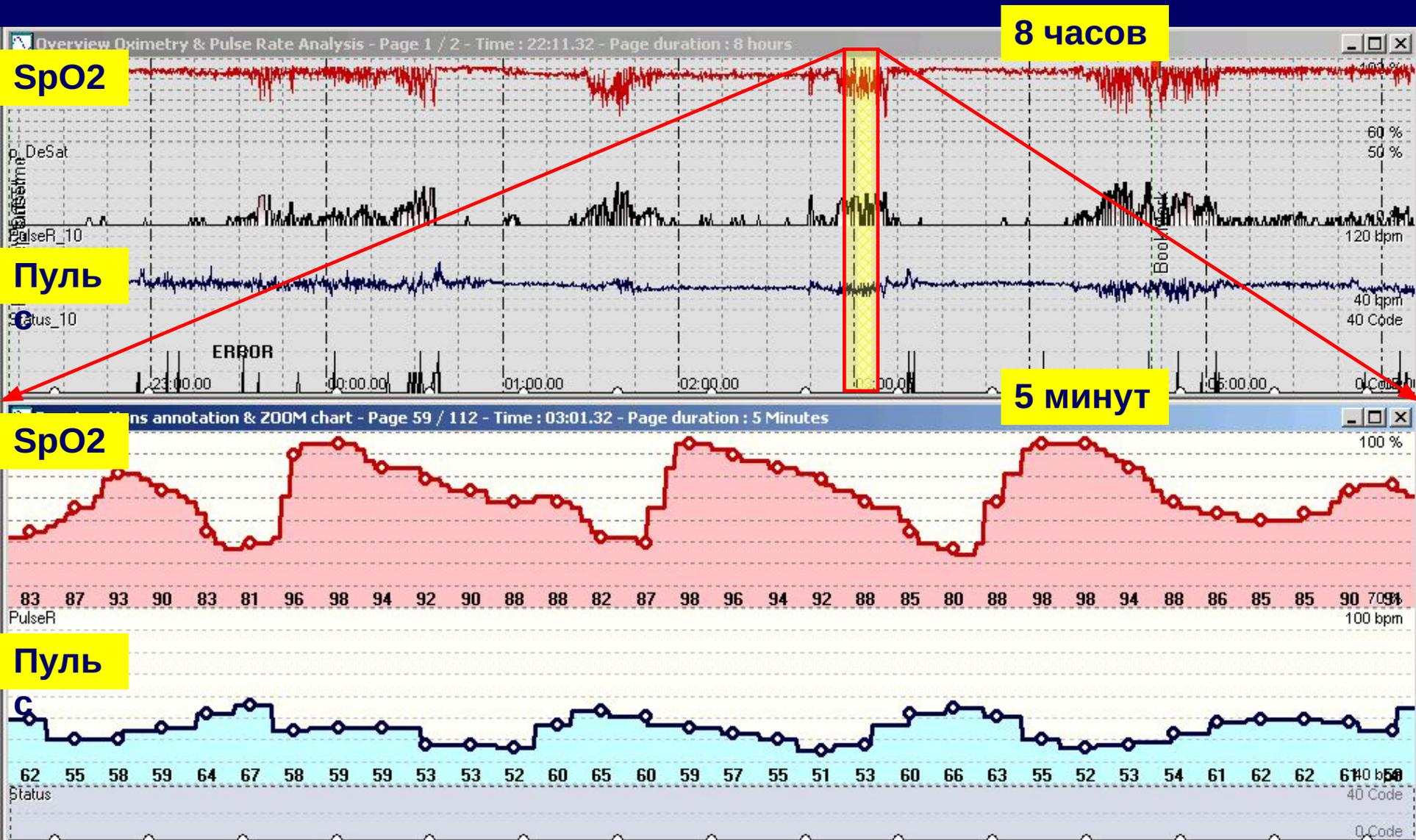
| SpO2 <89 %            |    | Min. | Time |
|-----------------------|----|------|------|
| Max continuous period | 0  |      |      |
| Total time DeSat <89  | 38 |      |      |
| Total time SpO2 <89   | 43 |      |      |

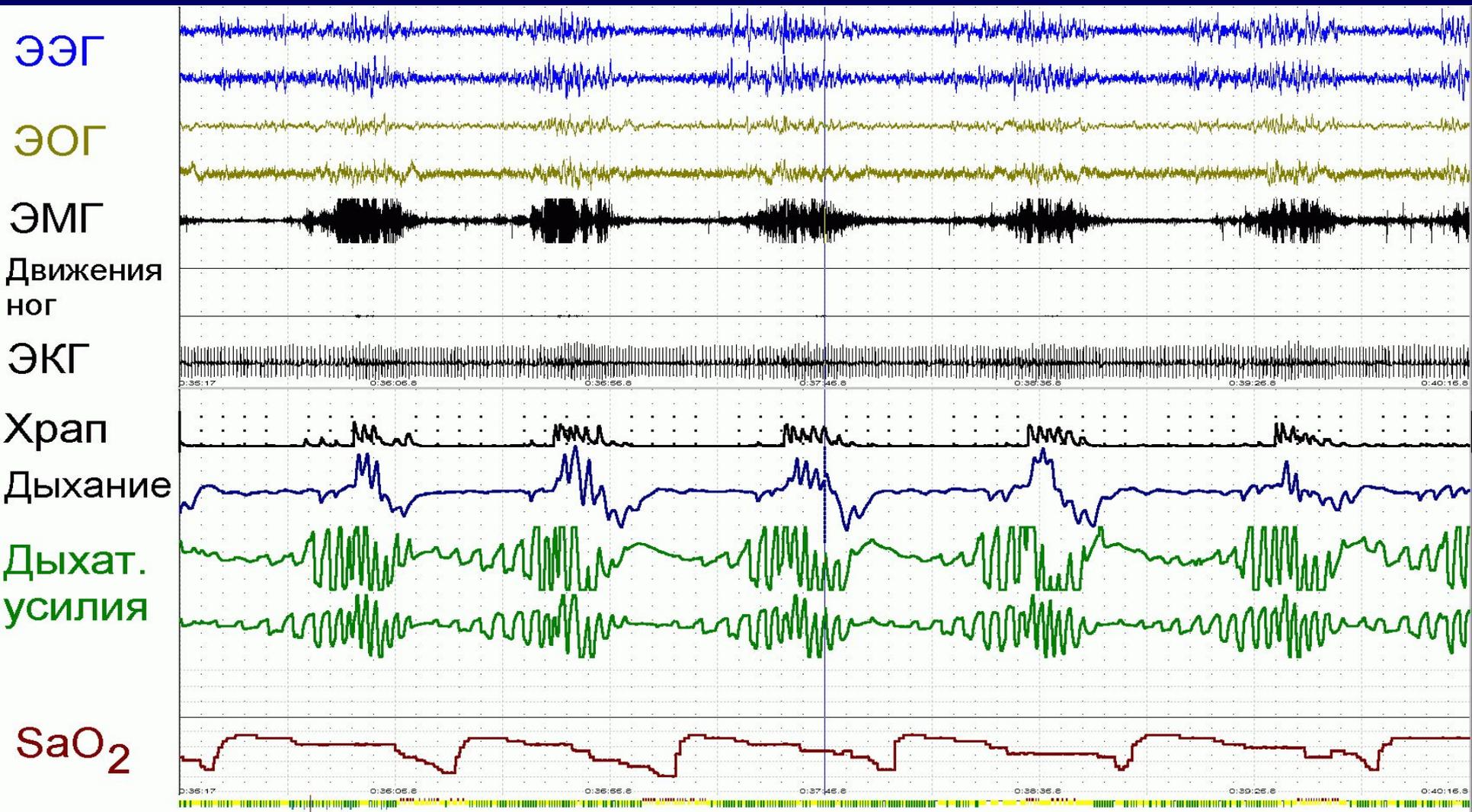
| Motion summary |     | Min. | % time |
|----------------|-----|------|--------|
| Motion:        | 6.8 |      | 1.2    |



# КРИВЫЕ САТУРАЦИИ И ПУЛЬСА ЗА 8 ЧАСОВ (вверху) и 15 МИНУТ (внизу)



# ФРАГМЕНТ ПОЛИСОМНОГРАММЫ ПАЦИЕНТА Г. 40 ЛЕТ, С ТЯЖЕЛОЙ ФОРМОЙ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА (5-минутная развертка)



# ЭПИДЕМИОЛОГИЯ РАССТРОЙСТВ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ

Распространенность нарушений дыхания во сне (синдром обструктивного апноэ сна, дыхание Чейна-Стокса, хроническая альвеолярная гиповентиляция) составляет около 5-7% в общей взрослой популяции и достигает 15% у пациентов терапевтического профиля в стационаре

Jennum P. et al. J. Sleep Res 1992; 1: 240-244

Lavie P. et al. Am. Heart. J. 1984; 108: 373-376

Lindberg E. et al. Sleep Med Rev 2000; 4: 411-433

# Здоровый доброволец: итоговые данные

| Recording info   |  | Hrs. | Min. | SpO2 summary |       | Pulse summary      |           |
|------------------|--|------|------|--------------|-------|--------------------|-----------|
| Recording time   |  | 8    | 13.0 | Highest SpO2 | 99    | Highest Pulse rate | 109 bpm   |
| Undefined/Motion |  | 0    | 3.7  | Lowest SpO2  | 90    | Lowest Pulse rate  | 58 bpm    |
| Net time         |  | 8    | 9.3  | Mean SpO2    | 98.01 | Mean Pulse rate    | 75.66 bpm |

| SpO2 distribution |  | Min.  | % time | # DeSats |
|-------------------|--|-------|--------|----------|
| 100 % - 94 %      |  | 489.9 | 100.1  | 0        |
| 93 % - 88 %       |  | 1.1   | 0.2    | 2        |
| 87 % - 80 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 79 % - 70 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 69 % - 60 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 59 % - 50 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 49 % - 40 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |

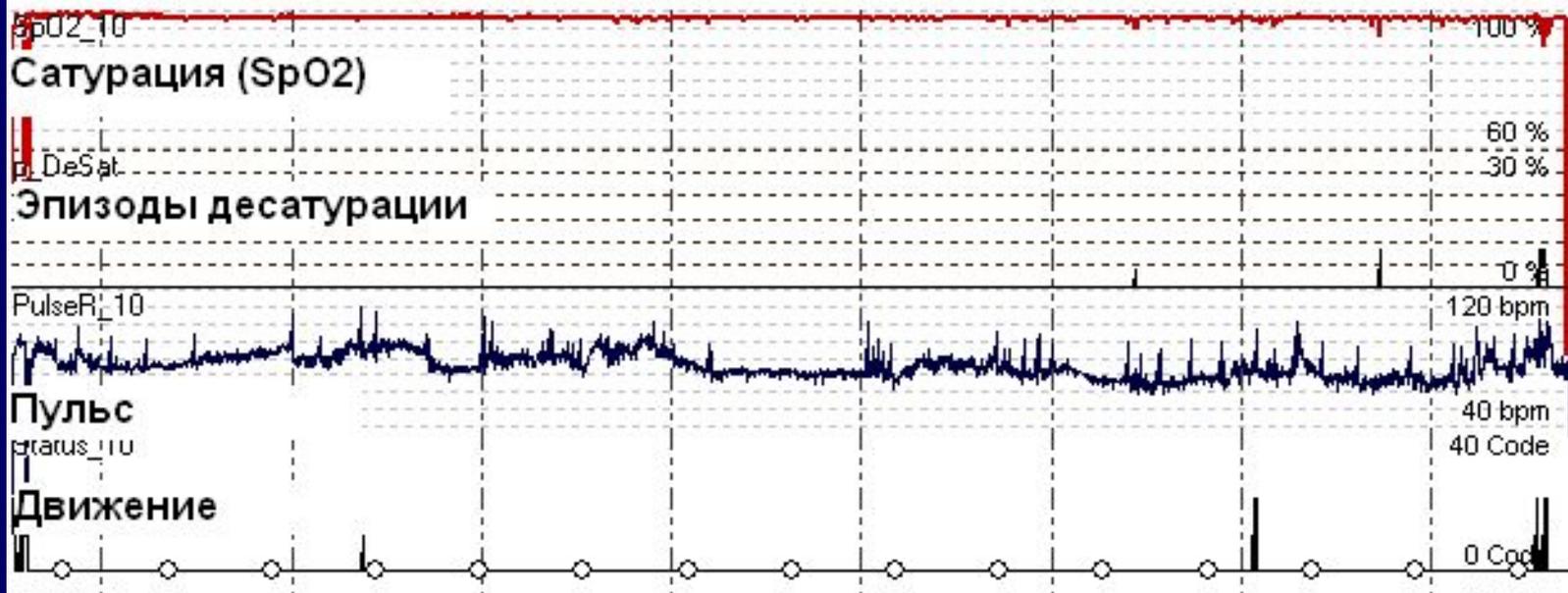
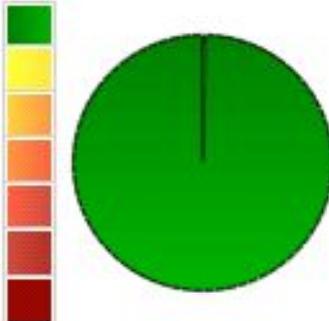
| DeSat summary         |       |
|-----------------------|-------|
| Total number          | 3     |
| O2 DeSaturation Index | 0.4   |
| Baseline SpO2 (%)     | 98.00 |

| SpO2 <89 %            |  | Min. | Time |
|-----------------------|--|------|------|
| Max continuous period |  | 0    |      |
| Total time DeSat <89  |  | 0    |      |
| Total time SpO2 <89   |  | 0    |      |

| Motion summary |  | Min. | % time |
|----------------|--|------|--------|
| Motion:        |  | 1.9  | 0.4    |





# Синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма: итоговые данные

| Recording info   |  | Hrs. | Min. | SpO2 summary |       | Pulse summary      |       |
|------------------|--|------|------|--------------|-------|--------------------|-------|
| Recording time   |  | 11   | 15.0 | Highest SpO2 | 99    | Highest Pulse rate | 180   |
| Undefined/Motion |  | 1    | 36.9 | Lowest SpO2  | 52    | Lowest Pulse rate  | 48    |
| Net time         |  | 9    | 38.1 | Mean SpO2    | 87.12 | Mean Pulse rate    | 61.67 |

| SpO2 distribution |  | Min.  | % time | # DeSats |
|-------------------|--|-------|--------|----------|
| 100 % - 94 %      |  | 167.5 | 29.0   | 0        |
| 93 % - 88 %       |  | 218.4 | 37.8   | 71       |
| 87 % - 80 %       |  | 137.4 | 23.8   | 181      |
| 79 % - 70 %       |  | 103.9 | 18.0   | 185      |
| 69 % - 60 %       |  | 19.2  | 3.3    | 56       |
| 59 % - 50 %       |  | 0.8   | 0.1    | 6        |
| 49 % - 40 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |

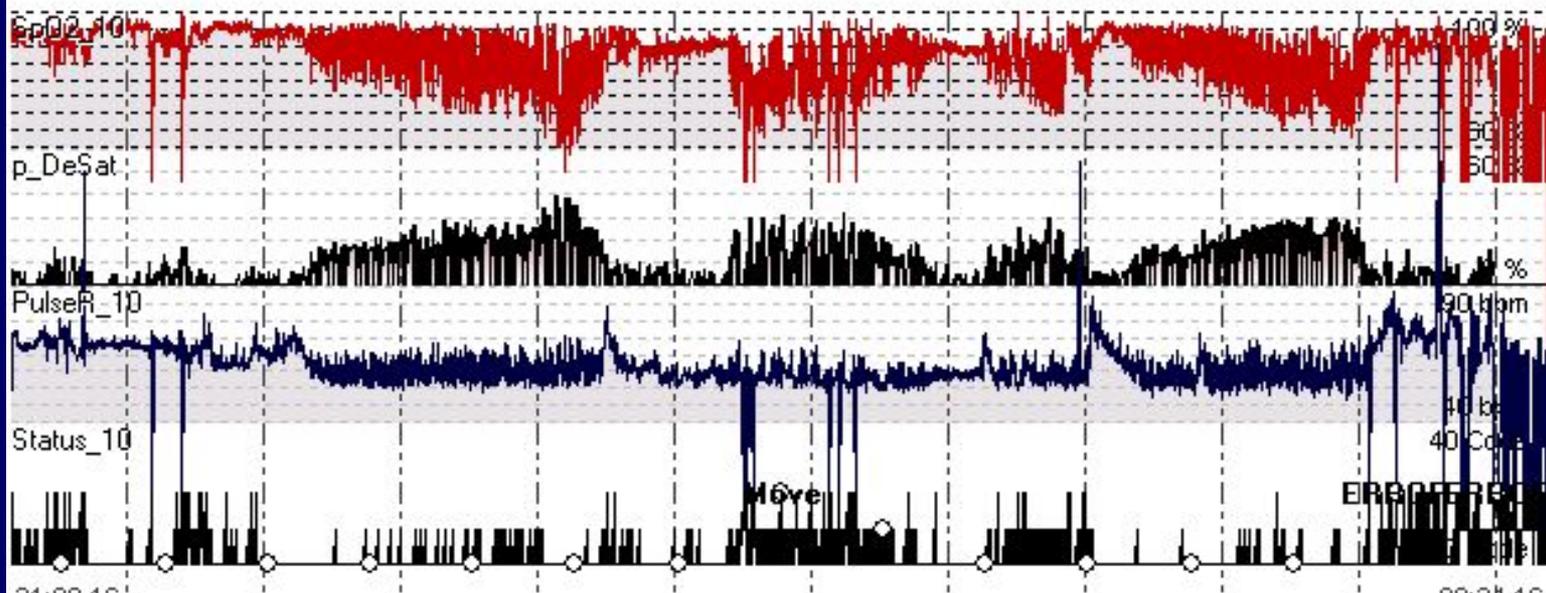
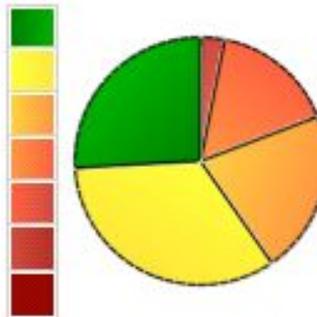
| DeSat summary         |       |
|-----------------------|-------|
| Total number          | 519   |
| O2 DeSaturation Index | 46.   |
| Baseline SpO2 (%)     | 94.60 |

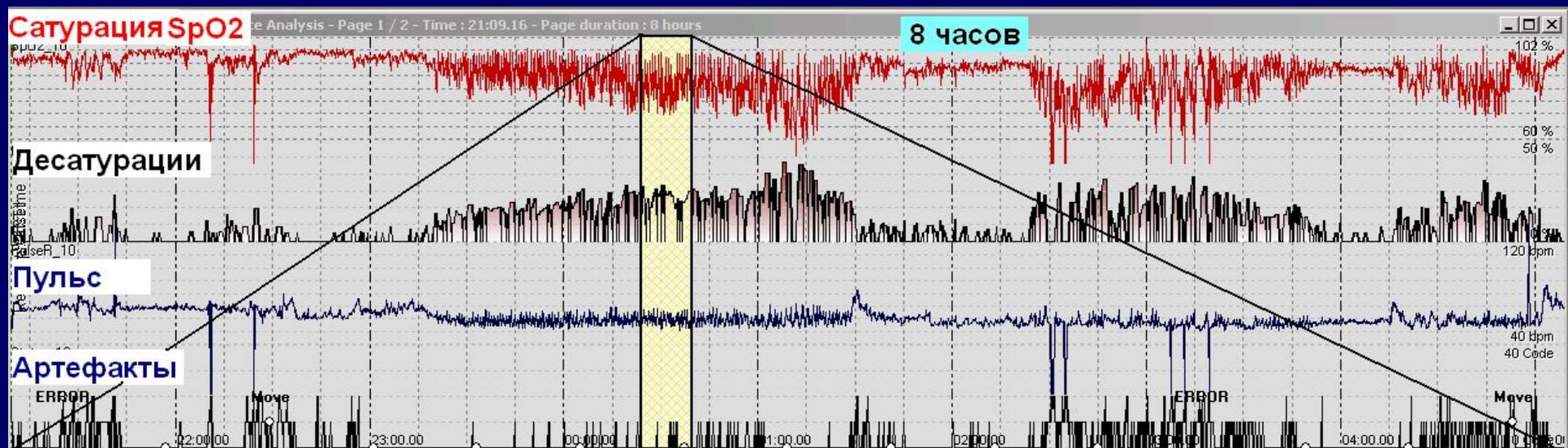
| SpO2 <89 %            |     | Min.       | Time |
|-----------------------|-----|------------|------|
| Max continuous period | 1.0 | 6:19:10 AM |      |
| Total time DeSat <89  | 237 |            |      |
| Total time SpO2 <89   | 267 |            |      |

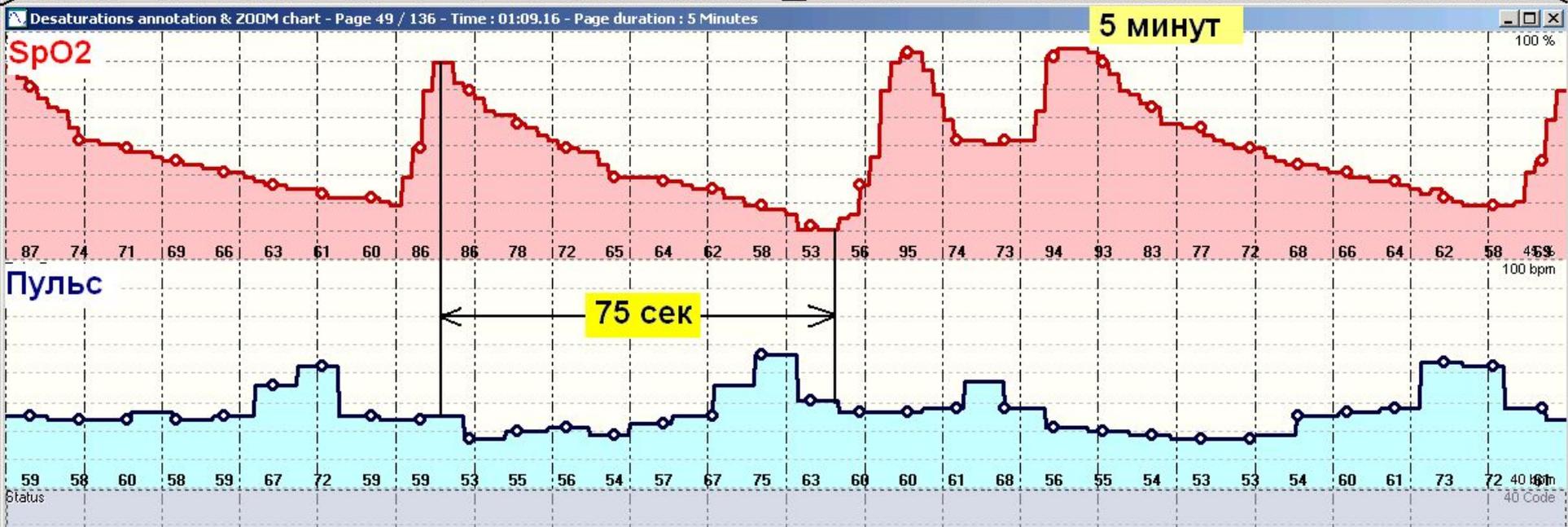
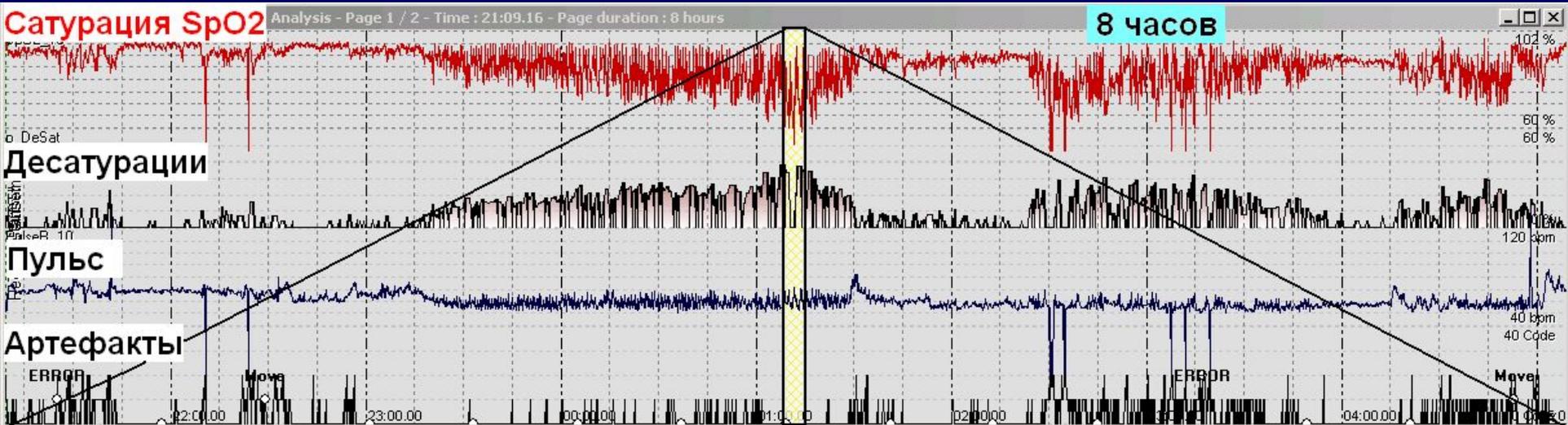
| Motion summary |      | Min. | % time |
|----------------|------|------|--------|
| Motion:        | 70.0 |      | 10.4   |



# Синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма: кривые сатурации и пульса



# Синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма: кривые сатурации и пульса



# Тяжелая ночная гипоксемия на фоне гиповентиляции: итоговые данные

| Recording info   |  | Hrs. | Min. | SpO2 summary |  | %     | Pulse summary      |  | bpm   |
|------------------|--|------|------|--------------|--|-------|--------------------|--|-------|
| Recording time   |  | 9    | 54.2 | Highest SpO2 |  | 99    | Highest Pulse rate |  | 88    |
| Undefined/Motion |  | 0    | 43.3 | Lowest SpO2  |  | 66    | Lowest Pulse rate  |  | 59    |
| Net time         |  | 9    | 10.9 | Mean SpO2    |  | 82.08 | Mean Pulse rate    |  | 71.35 |

| SpO2 distribution |  | Min.  | % time | # DeSats |
|-------------------|--|-------|--------|----------|
| 100 % - 94 %      |  | 5.6   | 1.0    | 0        |
| 93 % - 88 %       |  | 41.2  | 7.5    | 0        |
| 87 % - 80 %       |  | 388.6 | 70.6   | 2        |
| 79 % - 70 %       |  | 140.6 | 25.5   | 1        |
| 69 % - 60 %       |  | 4.9   | 0.9    | 0        |
| 59 % - 50 %       |  | 0.2   | 0.0    | 0        |
| 49 % - 40 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |

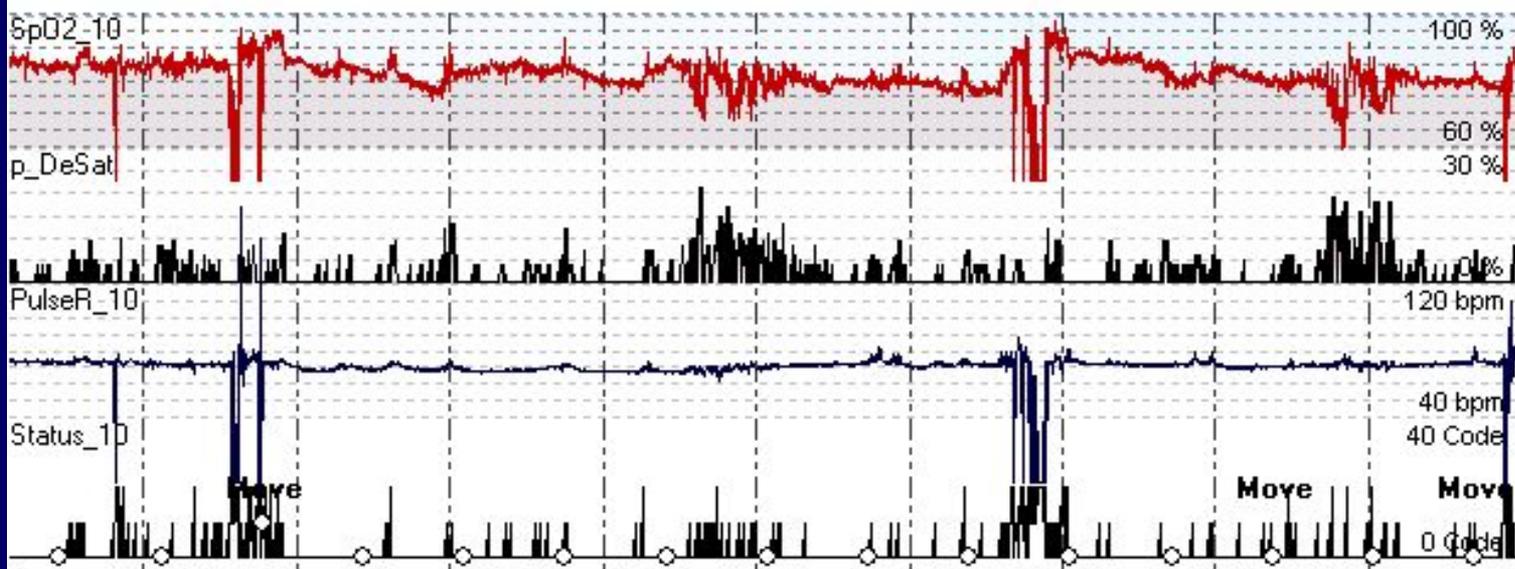
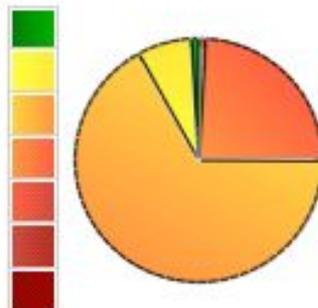
| DeSat summary         |  |      |  |
|-----------------------|--|------|--|
| Total number          |  | 65   |  |
| O2 DeSaturation Index |  | 6.6  |  |
| Baseline SpO2 (%)     |  | 84.5 |  |

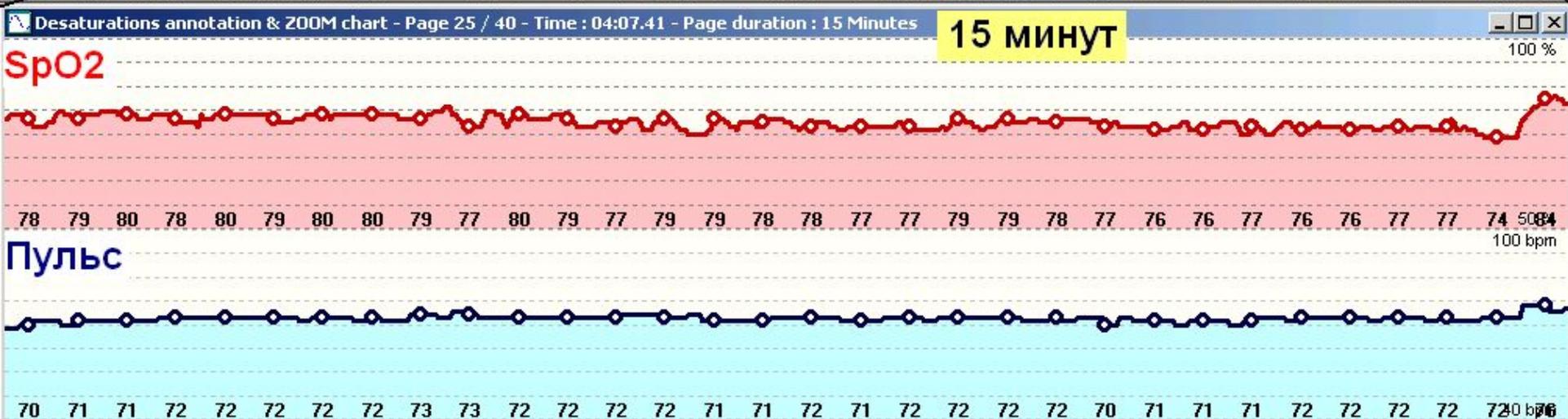
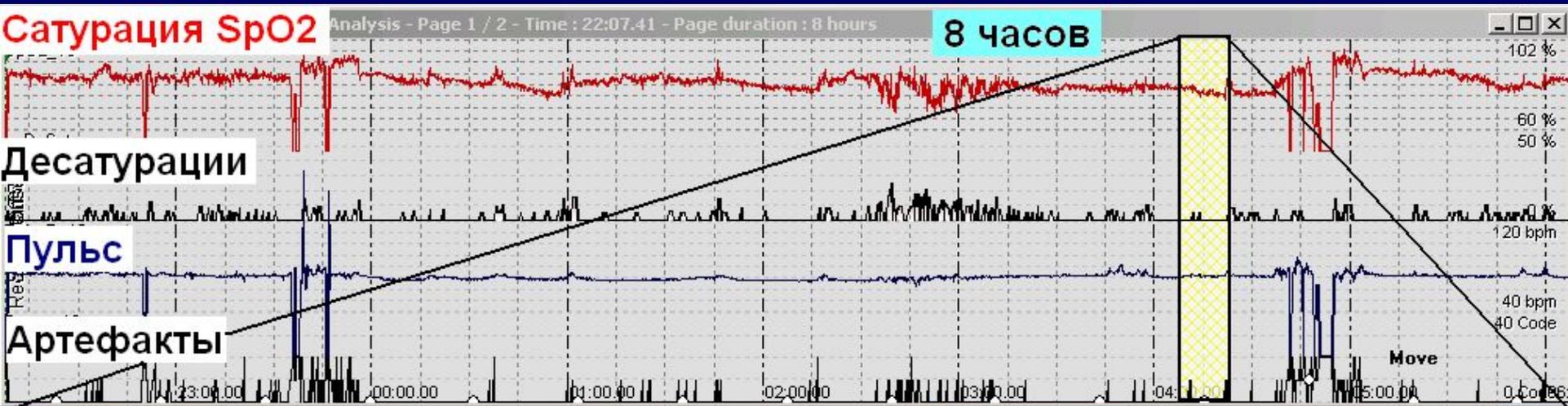
| SpO2 <89 %            |  | Min. | Time       |
|-----------------------|--|------|------------|
| Max continuous period |  | 66   | 3:06:22 AM |
| Total time DeSat <89  |  | 34   |            |
| Total time SpO2 <89   |  | 541  |            |

| Motion summary |  | Min. | % time |
|----------------|--|------|--------|
| Motion:        |  | 28.5 | 4.8    |



# Тяжелая ночная гипоксемия на фоне гиповентиляции: кривые сатурации и пульса



# Пациентка Б., 68 лет. Синдром обструктивного апноэ сна, средней тяжести; ночная гипоксемия, средней тяжести («overlap syndrome» - синдром перекреста): итоговые данные

| Recording info   |  | Hrs. | Min. | SpO2 summary |  | %     | Pulse summary      |  | bpm   |
|------------------|--|------|------|--------------|--|-------|--------------------|--|-------|
| Recording time   |  | 9    | 17.4 | Highest SpO2 |  | 99    | Highest Pulse rate |  | 104   |
| Undefined/Motion |  | 0    | 5.7  | Lowest SpO2  |  | 70    | Lowest Pulse rate  |  | 68    |
| Net time         |  | 9    | 11.6 | Mean SpO2    |  | 87.47 | Mean Pulse rate    |  | 79.51 |

| SpO2 distribution |  | Min.  | % time | # DeSats |
|-------------------|--|-------|--------|----------|
| 100 % - 94 %      |  | 55.1  | 10.0   | 0        |
| 93 % - 88 %       |  | 344.3 | 62.4   | 21       |
| 87 % - 80 %       |  | 137.3 | 24.9   | 64       |
| 79 % - 70 %       |  | 19.5  | 3.5    | 27       |
| 69 % - 60 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 59 % - 50 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |
| 49 % - 40 %       |  | 0.0   | 0.0    | 0        |

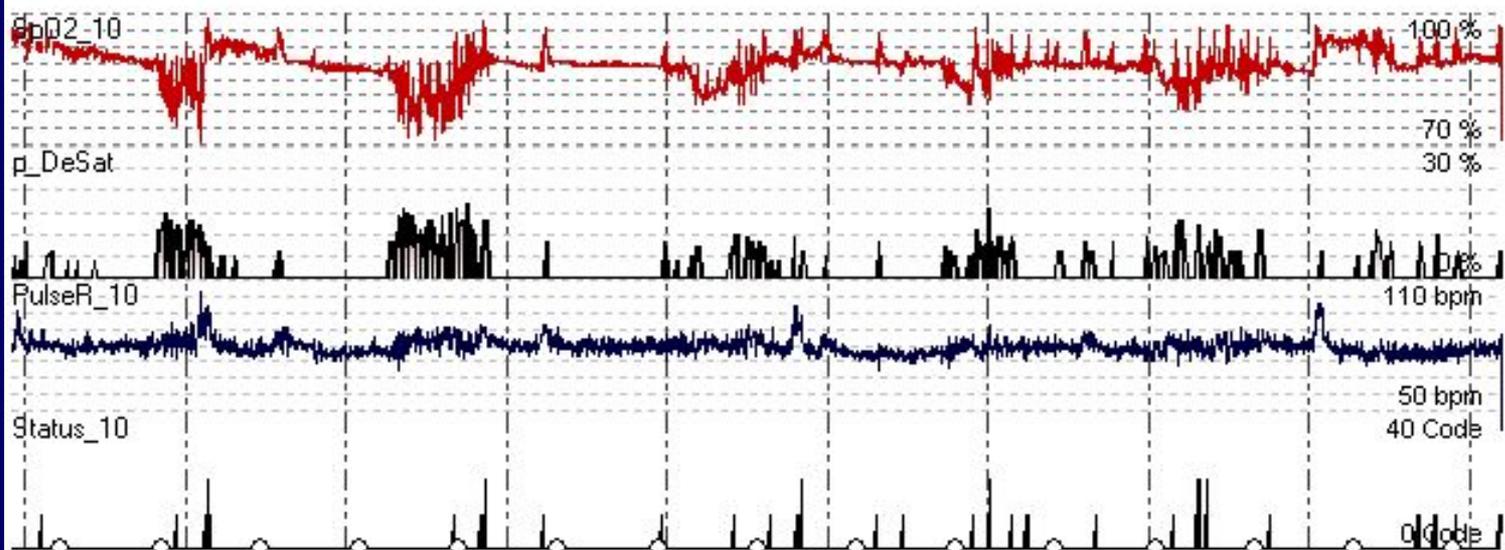
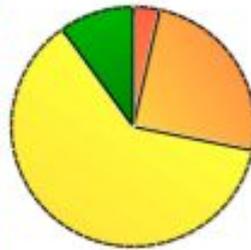
| DeSat summary         |  |       |  |
|-----------------------|--|-------|--|
| Total number          |  | 219   |  |
| O2 DeSaturation Index |  | 23.6  |  |
| Baseline SpO2 (%)     |  | 91.53 |  |

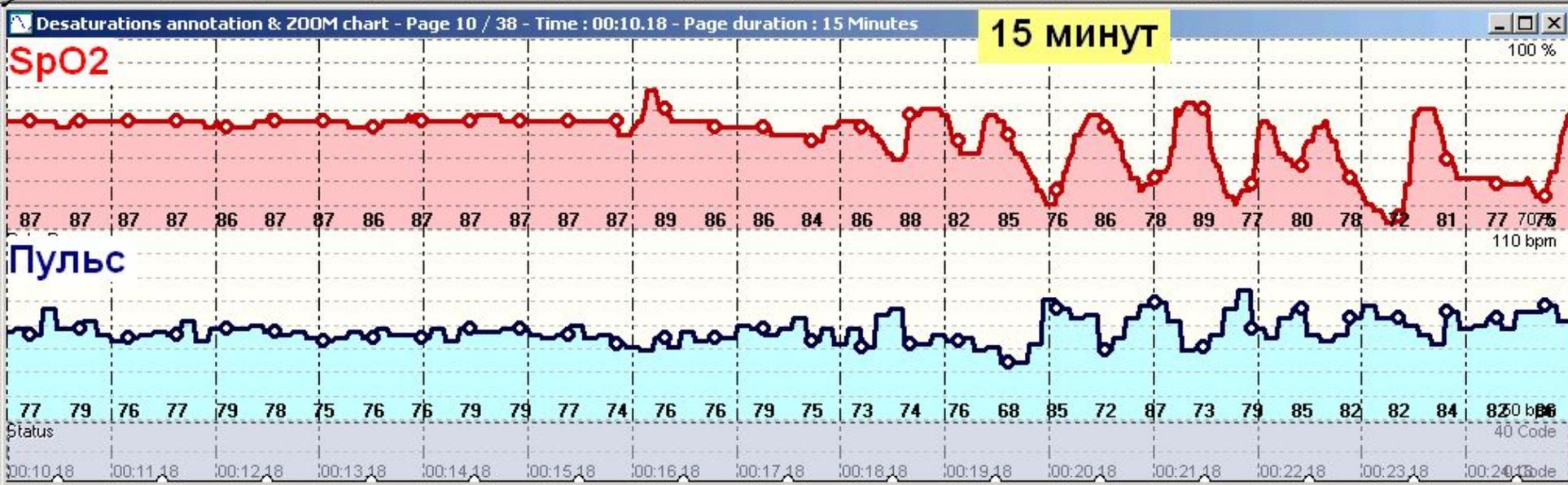
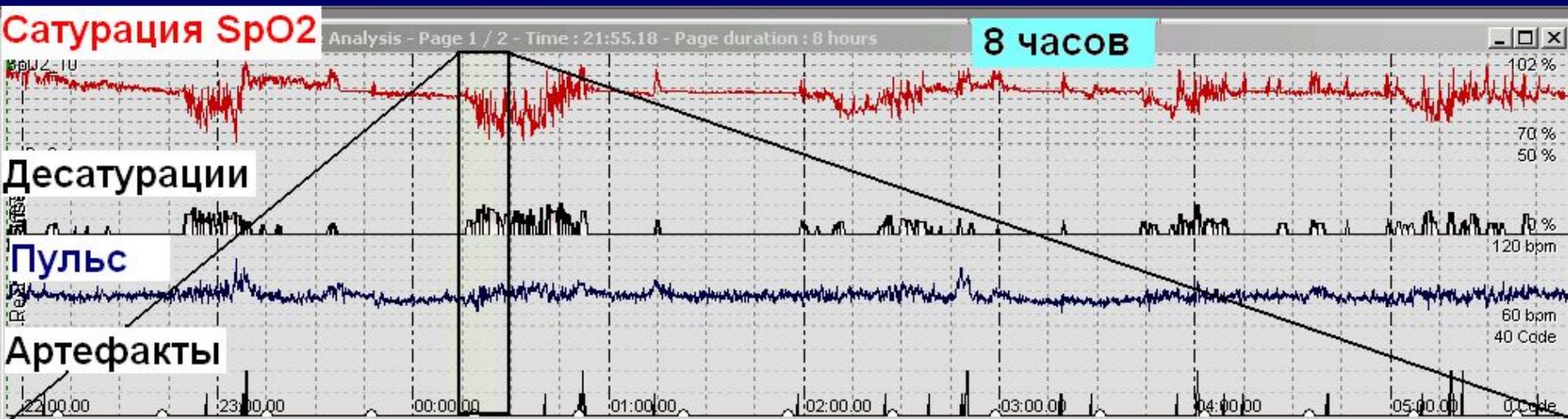
| SpO2 <89 %            |  | Min. | Time       |
|-----------------------|--|------|------------|
| Max continuous period |  | 21.0 | 2:23:26 AM |
| Total time DeSat <89  |  | 144  |            |
| Total time SpO2 <89   |  | 192  |            |

| Motion summary |  | Min. | % time |
|----------------|--|------|--------|
| Motion:        |  | 4.7  | 0.8    |



# Пациентка Б., 68 лет. Синдром обструктивного апноэ сна, средней тяжести; ночная гипоксемия, средней тяжести («overlap syndrome» - синдром перекреста): кривые сатурации и пульса



# Пациент К, 61 год. Синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма; ночная гипоксемия, тяжелая форма («overlap syndrome» - синдром перекреста): итоговые данные

| Recording info   |  | Hrs. | Min. | SpO2 summary |       | Pulse summary      |       |
|------------------|--|------|------|--------------|-------|--------------------|-------|
| Recording time   |  | 8    | 17.0 | Highest SpO2 | 99    | Highest Pulse rate | 149   |
| Undefined/Motion |  | 2    | 12.4 | Lowest SpO2  | 45    | Lowest Pulse rate  | 50    |
| Net time         |  | 6    | 4.6  | Mean SpO2    | 71.95 | Mean Pulse rate    | 88.61 |

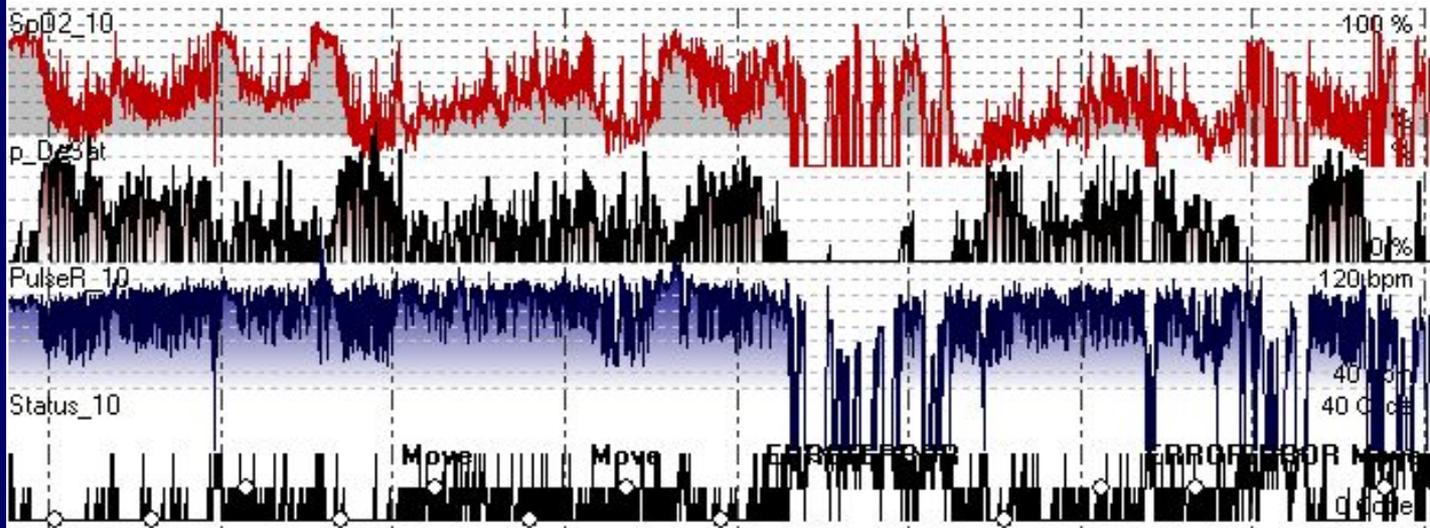
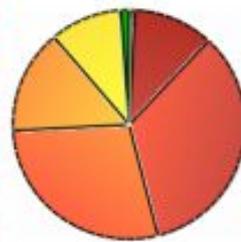
| SpO2 distribution |  | Min.  | % time | # DeSats |
|-------------------|--|-------|--------|----------|
| 100 % - 94 %      |  | 5.0   | 1.4    | 0        |
| 93 % - 88 %       |  | 43.0  | 11.8   | 4        |
| 87 % - 80 %       |  | 62.9  | 17.2   | 27       |
| 79 % - 70 %       |  | 120.7 | 33.1   | 79       |
| 69 % - 60 %       |  | 146.1 | 40.1   | 210      |
| 59 % - 50 %       |  | 48.0  | 13.2   | 104      |
| 49 % - 40 %       |  | 3.3   | 0.9    | 14       |

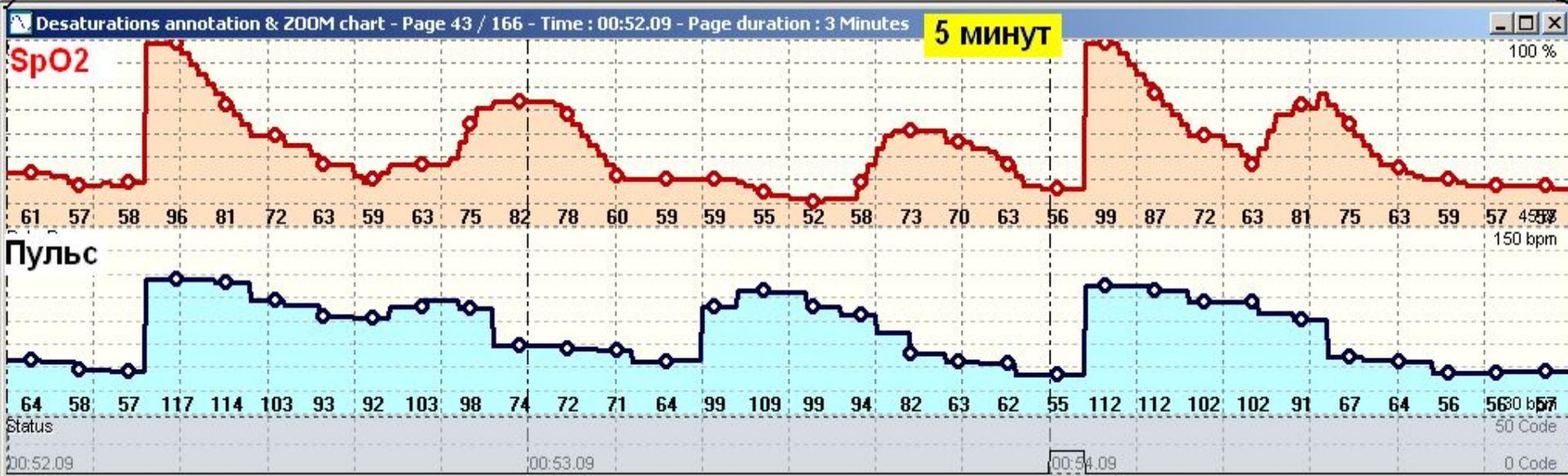
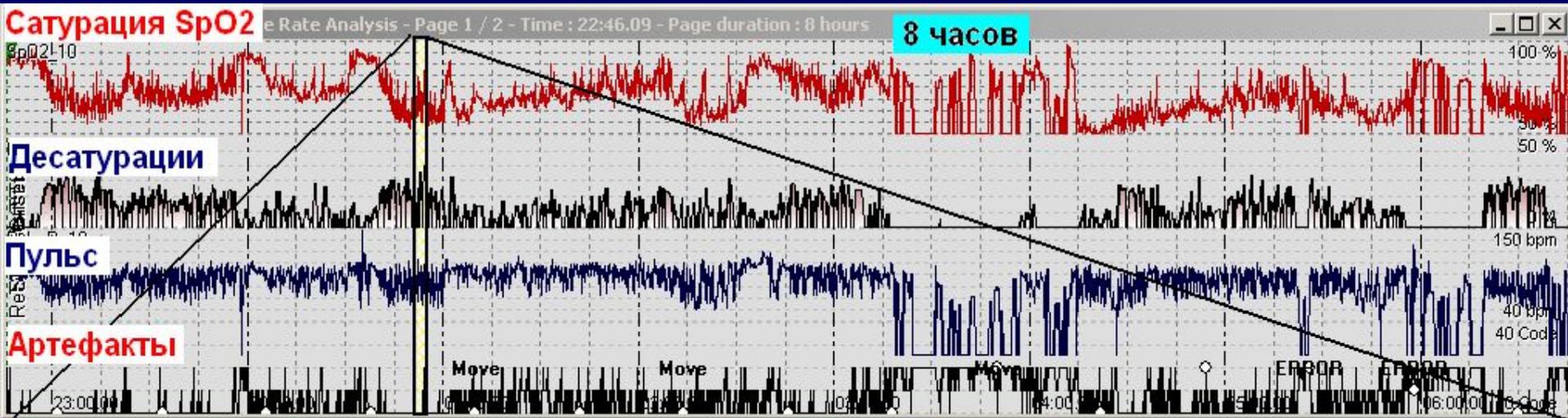
| DeSat summary         |       | SpO2 <89 %            |      |
|-----------------------|-------|-----------------------|------|
| Total number          | 438   | Min.                  | Time |
| O2 DeSaturation Index | 52.9  | Max continuous period |      |
| Baseline SpO2 (%)     | 78.86 | Total time DeSat <89  |      |
|                       |       | Total time SpO2 <89   |      |

| Motion summary |  | Min. | % time |
|----------------|--|------|--------|
| Motion:        |  | 64.9 | 13.1   |



# Пациент К, 61 год. Синдром обструктивного апноэ сна, тяжелая форма; ночная гипоксемия, тяжелая форма («overlap syndrome» - синдром перекреста): кривые сатурации и пульса



С апреля 2007 г. компьютерная пульсоксиметрия во время ночного сна назначалась пациентам со следующим перечнем соматических диагнозов, при которых распространенность нарушений дыхания во сне может достигать 30-50%:

- Ожирение 2 степени и выше (ИМТ  $\geq 35$ )
- ХОБЛ тяжелого течения (ОФВ1 < 50%)
- Артериальная гипертония 2 степени и выше
- Сердечная недостаточность 2 степени и выше
- Дыхательная недостаточность 2 степени и выше
- Метаболический синдром
- Пиквикский синдром
- Синдром Кушинга
- Гипотиреоз

- За 12 месяцев выполнено 378 компьютерных пульсоксиметрий во время ночного сна, охват исследованиями составил 24% от общего числа пациентов.
- При старой технологии скрининга, основанной на жалобах и анамнезе, ежегодно фиксировалась первичная выявляемость синдрома обструктивного апноэ сна в пределах 3-3.5%, хронической ночной гипоксемии в пределах 2-2.5%.
- При новой технологии скрининга отмечен двукратных рост выявляемости СОАС – до 6.8% и хронической ночной гипоксемии – до 4.9%.
- Общая выявляемость СОАС достигла 10,2%, ночной гипоксемии – 7.5%.
- Достоверность диагноза у большинства пациентов была подтверждена проведением полисомнографии или кардио-респираторного мониторинга.

# Подозрение на гипоксическое состояние различного генеза во

сне



Пульсоксиметрия

Не выявлено  
нарушений

Выявлены нарушения

Заключение передается  
лечащему врачу.

Не требуется  
дальнейших действий



Консультация  
сомнолога, кардио-  
респираторный  
мониторинг или  
полисомнография

СИПАП-  
терапия при  
СОАС



БИПАП-терапия  
при сочетанной  
патологии



Кислородо-  
терапия при  
ДН



Корпус санатория «Барвиха»