

тризации может сигнализировать об интенсивности радиоактивного распада. В свою очередь, накопление подобных частиц в объеме волокнисто-пористого фильтра должно влиять на электретное состояние последнего. В зависимости от знака и величины заряда следует ожидать либо разрядки частиц радиоактивных пылей и спада общего заряда в фильтре, либо повышения общего заряда загрязненного фильтра. Поэтому правомерен вывод о том, что эффективность фильтров, абсорбирующих загрязненные радионуклидами частицы, возможно оценить с помощью электрето-термического анализа (ГОСТ 25209-82): запись спектров термостимулированных токов образцов такого фильтра, фиксация величины и температурной локализации токовых пиков, а также математическая обработка спектра позволяют охарактеризовать изменение электретного состояния в образце. Разница величин заряда в образцах исходного и использованного фильтра будет пропорциональна суммарному количеству радионуклидов, захваченных фильтром.

Предложенный способ извлечения радионуклидов из воды с помощью комбинированного сорбента (полимер + биоагент) разработан на стыке научных направлений и демонстрирует перспективность поиска средств реабилитации загрязненных территорий с привлечением арсенала и методологии смежных наук. Полученные результаты позволяют рекомендовать применение сорбента для очистки и реабилитации водоемов, которые в результате аварии на ЧАЭС оказались загрязненными долгоживущими радионуклидами. С помощью недорогого и несложного в конструктивном исполнении комбинированного сорбента, материал которого химически стоек при любом составе очищаемой воды и технологичен в эксплуатации, можно осуществлять эффективную фильтроадсорбционную очистку поверхности водоемов. Комбинированный сорбент может быть размещен на поверхности водоема в любом желаемом виде (полотна, маты, малогабаритные изделия). В дальнейшем целесообразно удаление сорбентов, накопивших загрязнения, для утилизации.

Полученные результаты позволяют рекомендовать применение сорбента для очистки и реабилитации загрязненных водоемов: сорбент может быть размещен на поверхности водоема в любом доступном виде (полотна, маты, малогабаритные изделия).

#### Заключение

Показана эффективность применения синтетических волокон в комбинации с биоагентами для очистки замкнутых водоемов от долгоживущих радионуклидов, причем каждый компонент реализует специфическую функцию.

#### Список литературы

1. Васильченко, Д.Л. Радиационное состояние водоемов и водотоков 30-километровой зоны ЧАЭС / Д.Л.Васильченко, С.В. Казаков, Э.К. Тиханов // «Чернобыль-88»: доклады 1 Всесоюзного научно-технического совещания по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Миграция и состояние радионуклидов в природе. – Часть II. Т. 5. – 1989. – С. 3–5.
2. Радиоактивное загрязнение Днепра и его водохранилищ и некоторые гидроэкологические мероприятия после аварии на Чернобыльской АЭС / М.И. Кузьменко [и др.]. // Гидробиологический журнал. – 1992. – Т. 28, № 6. – С. 86–94.
3. Полимерные волокнистые melt-blown материалы / Гольдаде В.А. [и др.]; под науч. ред. Л.С. Пинчука. – Гомель: ИММС НАНБ, 2000. – 260 с.
4. Кравцов, А.Г. Волокнистые фильтры / А.Г. Кравцов. – Электронное издание (монография). – Saarbrücken: LAPLAMBERTA cademicPublishing, 2015 (рус.). – 212 с.
5. Кравцов, А.Г. Электрические и магнитные поля в полимерных волокнистых фильтроматериалах для тонкой очистки многофазных сред: автореф. дис. д-ра техн. наук / А.Г. Кравцов; ИММС НАН Беларуси. — Гомель, 2007. — 44 с.
6. Алимов, А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию/ А.Ф. Алимов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
7. Дударчик, В.М. Гуминовые препараты торфа для очистки сточных вод от тяжелых металлов/ В.М. Дударчик, С.И. Коврик, Т.П. Смычник // Сб. трудов V Всероссийской научной конференции «Гуминовые вещества в биосфере», г. С.-Петербург, 1–4 марта 2010 г. – СПб., 2010. – С. 392–396.
8. Аввакумова, Н.П. Гуминовые вещества – фактор защиты биосистем от экотоксикантов / Н.П. Аввакумова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, №1 (2). – С. 197–201.

УДК 615.835.3

#### ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ И ТЕРАПИИ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, ОТЯГОЩЕННЫХ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ, СИНДРОМОМ АПНОЭ-ГИПОПНОЭ

А.В. ВОЛОТОВСКАЯ, Е.И. ДАВИДОВСКАЯ, О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

**Аннотация.** Обоснована необходимость ранней диагностики болезней органов дыхания на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений. Предложен программно-аппаратный комплекс для организации раннего выявления, а в случае необходимости контролируемой и адаптируемой кислородной и сипап-терапии таких заболеваний органов дыхания, как хроническая обструктивная болезнь легких и синдром обструктивного апноэ сна.

**Ключевые слова:** ранняя диагностика, кислородная терапия, сипап-терапия, пульсоксиметрия, хроническая обструктивная болезнь легких, синдром обструктивного апноэ сна.

#### Введение

В виду распространенности болезней органов дыхания на территории Республики Беларусь (рисунок 1) представляется целесообразным организация ранней диагностики таких заболеваний на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений.

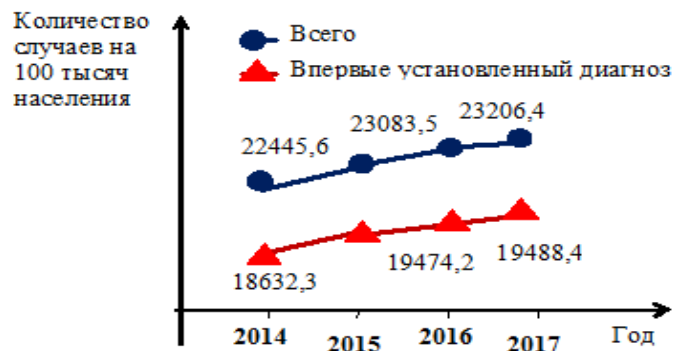


Рисунок 1 – График заболеваемости взрослого населения болезнями органов дыхания на 100 тысяч населения в Республике Беларусь [1]

Задача ранней диагностики болезней органов дыхания, в частности хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), а так же синдрома обструктивного апноэ-гипопноэ в настоящее время является весьма актуальной. Это обусловлено медленным развитием заболевания и слабо выраженной симптоматикой на ранних стадиях. Самыми распространенными симптомами ХОБЛ являются одышка, хронический кашель и отделение мокроты; синдрома обструктивного апноэ-гипопноэ – остановки дыхания во сне, храп, дневная сонливость, дневная «разбитость», усталость, метаболические нарушения, которым пациенты не уделяют должного внимания на протяжении длительного времени.

Таким образом, поздняя диагностика и неадекватность лечения приводят к преобладанию тяжелых степеней данных заболеваний и, как следствие, ранней потере трудоспособности, инвалидности и росту смертности (рисунок 2).

При этом следует отметить, что основной причиной летальности у пациентов с ХОБЛ (38%) является дыхательная недостаточность, представляющая собой патологический синдром, при котором возможности легких обеспечить нормальный газовый состав артериальной крови ограничены, а именно парциальное напряжение кислорода артериальной крови ( $P_{aO_2}$ ) менее 60 мм.рт.ст., а парциальное напряжение углекислоты ( $P_{aCO_2}$ ) более 45 мм.рт.ст. [2]. В то же время дыхательная недостаточность может наблюдаться при бронхиальной астме, интерстициальных заболеваниях легких, синдроме обструктивного апноэ-гипопноэ и др.



Рисунок 2 – Структура смертности от болезней органов дыхания за 2017 в Республике Беларусь [1]

### Теоретический анализ

Дыхательная недостаточность может быть диагностирована путем измерения насыщения (сатурации) гемоглобина артериальной крови кислородом ( $SpO_2$ ) неинвазивным методом пульсоксиметрии, так как показатель  $SpO_2$  коррелирует с  $PaO_2$ . В норме значение сатурации артериальной крови должно быть в диапазоне 96-100%, что соответствует парциальному напряжению 80-100 мм.рт.ст.. Таким образом, пульсоксиметр позволяет в режиме реального времени определить  $SpO_2$  и, соответственно, выявить состояние, сопровождающееся дыхательной недостаточностью. Наиболее обоснованным методом лечения дыхательной недостаточности до настоящего времени остается кислородная терапия [3], целью которой является достижение значений  $PaO_2$  более 60 мм.рт.ст., насыщения кислородом артериального гемоглобина  $SpO_2$  более 90% [4]. Длительная кислородная терапия [5] на сегодняшний день является единственным методом лечения хронической дыхательной недостаточности, улучшающим выживаемость больных ХОБЛ [6]. У больных ХОБЛ с развившейся гипоксемией длительная кислородная терапия способна продлить жизнь на 6–7 лет.

Отдельного внимания заслуживают пациенты, у которых в результате ночного/суточного пульсоксиметрического мониторинга наблюдается десатурация (снижение  $SpO_2$ ) исключительно во время сна, поскольку это может быть обусловлено синдромом обструктивного апноэ сна. 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. Таким образом, в основе болезни лежит периодическое прекращение дыхания из-за спадения стенок дыхательных путей на уровне глотки. В случае полного смыкания дыхательных путей и прекращения воздушного потока длительностью 10 секунд и более со снижением  $SpO_2$  на 3% и более говорят об обструктивном апноэ. Если же происходит неполное спадение дыхательных путей, уменьшение дыхательного потока не менее чем на 50% не менее чем на 10 секунд со снижением  $SpO_2$  на 3% и более говорят об обструктивном гипопноэ.

В то же время следует отличать обструктивное апноэ сна от центрального апноэ сна. При центральном апноэ сна происходит снижение функции или остановка дыхательного центра и прекращение дыхательных усилий. При этом дыхательные пути остаются открытыми.

Степень тяжести обструктивного апноэ сна определяется частотой приступов апноэ и гипопноэ за 1 час сна – индекс апноэ-гипопноэ (ИАГ)[7].

При ИАГ от 6 до 14 апноэ-гипопноэ за 1 час – это легкая степень.

При ИАГ от 15 до 29 – средняя степень.

При ИАГ от 30 и выше – тяжелая степень.

Одним из наиболее эффективных нехирургических способов лечения обструктивного апноэ сна является СИПАП-терапия. СИПАП-терапия заключается в создании в дыхательных путях положительного давления воздуха, за счет которого дыхательные пути пациента во время сна остаются открытыми. Задача СИПАП-терапии состоит в том, чтобы определить состояние апноэ-гипопноэ и адаптировать уровень давления, исходя из индивидуальных потребностей пациента, тем самым подстраиваясь под ритм дыхания пациента и выбирая оптимальное терапевтическое давление.

### Практическая часть

Предлагается лечебно-диагностический комплекс для организации раннего выявления и диагностики, а в случае необходимости контролируемой и адаптируемой терапии болезней органов дыхания, отягощенных дыхательной и/или сердечной недостаточностью, синдромом апноэ-гипопноэ на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений.

Работа с предлагаемым комплексом состоит из двух этапов:

1. Первый этап – диагностический, включает в себя пульсоксиметрию, ночной/суточной пульсоксиметрический мониторинг, полисомнографию.

Применяемое на диагностическом этапе оборудование:

- Портативный пульсоксиметр «Оксимед» [8] – предназначен для определения насыщения кислородом гемоглобина крови человека (SpO<sub>2</sub>) и частоты сердечных сокращений. Позволяет быстро и качественно выявить пациентов с пониженной сатурацией.

- Пульсоксиметр медицинский «Пульсар» – контрольно-диагностический медицинский прибор предназначен для длительного мониторинга насыщения кислородом гемоглобина крови человека (SpO<sub>2</sub>) и частоты сердечных сокращений .

- Полисомнограф Polymate УН-1000С – кардио-респираторная система, для дифференциальной диагностики центрального и обструктивного апноэ сна.

Мероприятия диагностического этапа:

1.1. На первичном приеме пациенту измеряют сатурацию (SpO<sub>2</sub>) портативным пульсоксиметром «Оксимед», при показаниях меньше 96% пациенту рекомендуется проведение ночного/суточного пульсоксиметрического мониторинга.

1.2. Пульсоксиметрический мониторинг - мониторинг сатурации и частоты сердечных сокращений в течение определенного промежутка времени пульсоксиметрической системой «Пульсар», в ходе которого рассчитывается количество десатураций за 1 час – индекс десатурации (ИД):

- при ИД меньше 5 на втором этапе пациенту рекомендуется процедура «Кислородный коктейль»;

- при ИД от 5 до 15 пациенту рекомендуется уточняющая диагностика – полисомнография;

- при ИД более 15 возможна уточняющая диагностика – полисомнография, на втором этапе пациенту рекомендуется СИПАП-терапия.

1.3. Полисомнография – контроль состояния пациента в течение определенного промежутка времени (сна) на основе регистрации и оценки диагностических показателей организма с целью выявления их отклонения от нормы с использованием полисомнографа Polymate УН-1000С. В ходе полисомнографии рассчитывается индекс апноэ-гипопноэ (ИАГ):

- при ИАГ до 6 на втором этапе пациенту рекомендуется процедура «кислородный коктейль»;

- при ИАГ от 6 до 15 на втором этапе пациенту рекомендуется кислородная терапия [4] или нормоксическая лечебная компрессия с применением концентратора кислорода «Оксимед» и бабкамеры «ОхуHealth»;

- при ИАГ более 15 на втором этапе пациенту рекомендуется СИПАП-терапия с применением аппарата ВМС RESmart AUTO CPAP.

Таким образом, результатом диагностики, проведенной в рамках первого этапа, является выявление расстройств дыхания, сопровождающихся дыхательной недостаточностью и синдромом обструктивного апноэ-гипопноэ.

2. Второй этап – терапевтический, предусматривает кислородную терапию, нормоксическую лечебную компрессию, СИПАП-терапию.

Применяемое на терапевтическом этапе оборудование:

- Оборудование для приготовления кислородных коктейлей – включает концентратор кислорода «Оксимед» и миксер.

- Концентратор кислорода «Оксимед» - аппарат для выделения молекул кислорода из окружающей атмосферы, их концентрации и выдачи в виде потока чистого кислорода – предназначен для кислородной терапии и приготовления кислородных коктейлей.

- Сипап-аппарат BMC RESmart AUTO CPAP - аппарат дыхательной терапии для лечения храпа и синдрома обструктивного апноэ сна.

- Барокамера OxyHealth [9] – оборудование для нормоксической лечебной компрессии – кислородной терапии при оптимальном избыточном давлении.

Таким образом, результатом терапии, проведенной в рамках терапевтического этапа, является повышение сатурации, снижение индекса десатурации, индекса апноэ-гипопноэ.

Применение предлагаемого лечебно-диагностического комплекса позволяет быстро, оперативно и без больших затрат выявить заболевания органов дыхания на ранней стадии, установить их причины и начать терапию в условиях санаторно-курортного учреждения.

Кислородная терапия и СИПА-терапия проводятся согласно утвержденным Министерством здравоохранения Республики Беларусь методикам [4], [7].

Все вышеперечисленное оборудование прошло клинические испытания, зарегистрировано в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь в качестве медицинской техники и разрешено к применению.

Целесообразность организации раннего выявления болезней органов дыхания на базе санаторно-курортных и оздоровительных учреждений с целью своевременной терапии и недопущения развития тяжелых степеней заболевания обуславливается следующими аспектами:

1. Для санаторно-курортных и оздоровительных учреждений:

- в оздоровительном учреждении обеспечены условия для проведения подбора режимов СИПАП и кислородной терапии, их мониторинга, адаптации характеристик и оценки эффективности применения;

- проведение диагностики и терапии не требует использования отдельных помещений, т.к. все процедуры проводятся непосредственно в палатах (номерах) пациентов (клиентов);

- невысокая стоимость необходимого оборудования, отсутствие расходных материалов.

2. Для пациента (клиента):

- нахождение в санатории предусматривает наличие свободного времени, которого не хватает в повседневной жизни, в том числе в случае необходимости проведения суточного или ночного мониторинга;

- окружающая обстановка способствует усилению мотивации использования свободного времени для диагностики и терапии;

- находясь в оздоровительном учреждении, отдыхающие стараются получить максимальный комплекс услуг по восстановлению своего здоровья и обращают внимание медицинского персонала даже на слабовыраженные симптомы;

- мониторинг и терапия проводятся непосредственно в номере (палате) у пациента (клиента), что позволяет приблизить процедуру к естественному сну;

- стоимость услуг в санаторно-курортных и оздоровительных учреждениях значительно ниже стоимости услуг специализированных медицинских центров.

#### **Заключение**

Раннее выявление заболеваний с целью их предупреждения и эффективного лечения является приоритетом медицины. Большинство заболеваний легче предотвратить, чем лечить, а лечение на ранних стадиях обычно более эффективно и менее затратно. Предлагаемый лечебно-диагностический комплекс осуществляет мониторинг и анализ уровня насыщения кислородом гемоглобина крови, частоты сердечных сокращений, носового и ротового воздушных потоков, дыхательного усилия грудной клетки и живота, храпа, положения тела в режиме реального времени. Это позволяет проводить скрининг 100% отдыхающих в санаторно-курортных и оздоровительных учреждениях на первичном приеме терапевта, и в случае выявления отклонения значений параметров от нормы – ночное или суточное мониторирование с целью уточнения диагноза и, при необходимости, подбора режимов СИПАП и/или кислородной терапии и их последующего проведения, контроля и адаптации.

### Список литературы

1. Давидовская, Е.И. Итоги работы пульмонологической службы за 2017 год и основные направления работы в 2018 году / Е.И. Давидовская // Проблемы легочного здоровья: вызовы времени : Республ. научн.-практ.. конф., Минск, 29 марта 2018 г.
2. Causes of death in patients with COPD and chronic respiratory failure / J.L. Zielinski [and others] // *Monaldi Arch Chest Dis.* – 1997. – № 1 (52). – С. 43–50.
3. Авдеев, С.Н. Дыхательная кислородная терапия при хронической недостаточности / С.Н. Авдеев. – Москва : ФГУ НИИ Пульмонологии Росздрава, 2011. – 16 с.
4. Инструкция по применению «кислородотерапии при хронических обструктивных болезнях легких»: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 01.07.05. – Минск : Дикта, 2005. – 10 с.
5. Давидовская, Е.И. Устройство для проведения длительной кислородной терапии / Е.И. Давидовская, О.Б. Зельманский // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7 (101). – С. 226–230.
6. Титова, О.Н. Клинические и фармако-экономические подходы к эффективной медицинской реабилитации больных инвалидов по хронической обструктивной болезни легких: автореф. дис. докт. мед. наук : 14.00.51 ; 14.00.43 / О.Н. Титова ; Санкт-Петербургский гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова. – Санкт-Петербург, 2008. – 39 с.
7. Инструкция по применению «метод сипап-терапии синдрома обструктивного апноэ сна» : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 12.06.13. – Минск : 2013. – 7 с.
8. Устройство для измерения насыщения кислородом артериального гемоглобина крови человека и частоты сердечных сокращений: пат. 3721 Респ. Беларусь / О.Б. Зельманский; заявитель О.Б. Зельманский. – № f20160156; заявл. 13.09.2016; опубл. 16.01.2017// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 2(115). – С. 174.
9. Портативная система гипербарической оксигенации: пат. 11669 Респ. Беларусь, МПК8 А61G 10/02, А61М 16/00, В01D 53/04 / О.Б. Зельманский, Б.В. Зельманский, Е.И. Давидовская, О.А. Иванущик; заявитель О.Б. Зельманский, Б.В. Зельманский, Е.И. Давидовская, О.А. Иванущик. – № u20170277; заявл. 15.08.2017; опубл. 01.02.2018// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 2(121). – С. 154.

УДК[616.12-009.81]-048.65

### НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ

Г. А. МИХЕЙЧИК, К. В. РОСЛЯКОВ, КОЗЛОВ И.Г., ДАВЫДОВ М.В., ОСИПОВ А.Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республики Беларусь*

**Аннотация.** В статье проводится обзор ключевых исследований по лечению артериальной гипертонии.

Ключевые слова: артериальная гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, артериальное давление, стимуляция, ренальная денервация, барорецепторы, артериовенозный сброс, каротидное тельце, барорефлекторная чувствительность.

**Abstract.** Article provides a review of main researches on the treatment of arterial hypertension.

Key words: arterial hypertension, cardiovascular diseases, arterial pressure, stimulation, renal denervation, baroreceptors, arteriovenous discharge, carotid body, baroreflex sensitivity.

### Введение

Артериальная гипертония – часто встречающееся сердечно-сосудистое заболевание. В настоящее время существует большое количество медикаментов для лечения артериальной гипертонии (АГ). При проведении большого числа исследований было показано, что антигипертензивные препараты не только способствуют снижению уровня артериального давления (АД), но приводят к существенному уменьшению риска сердечно-сосудистых заболеваний.

С другой стороны, для некоторых пациентов медикаментозная терапия неэффективна, так как высок риск столкнуться с резистентной АГ (неконтролируемая АГ на фоне приема нескольких антигипертензивных препаратов различных). Для таких пациентов высокого риска крайне актуален поиск новых методов контроля уровня АД.

В последние несколько лет очень активно развиваются интервенционные подходы к лечению АГ, прежде всего – немедикаментозные терапии.

### Ренальная денервация