

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в физиотерапии активно используют естественные лечебные факторы природных калийных солей, в частности сильвинита (сильвин+галит), добыча которого ведется в рудниках Верхнекамского месторождения Пермского края (Западный Урал) [7]. Эксплуатация наземных сильвинитовых сооружений способствовала широкому распространению солетерапии в комплексном лечении различных форм заболеваний [4, 5]. Для использования данного физиотерапевтического метода в профилактических целях в условиях поликлиник нами были разработаны и запатентованы новые технически усовершенствованные и менее затратные устройства, применение которых потребовало гигиенической и экономической оценки.

Цель исследований – обоснование с гигиенических и экономических позиций возможности применения современных сильвинитовых устройств в поликлиниках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов гигиенического изучения были выбраны:

а) соляная сильвинитовая микроклиматическая палата «Сильвин-Универсал[®]» (СМП «С-У»);

б) физиотерапевтический сильвинитовый кабинет (ФСК), оборудованный двумя сильвинитовыми устройствами.

Исследования факторов внутripалатной среды проводили традиционными гигиеническими методами с помощью общепринятой аппаратуры. Температуру и относительную влажность воздуха измеряли электронным прибором Center-311, температуру ограждающих поверхностей – съемным датчиком (К-типа) данного прибора. Подвижность воздуха определяли спиртовым кататермометром

Хилла. Оценку параметров микроклимата проводили согласно ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Радиационный фон изучали прибором РД-1503. Результаты сопоставляли с СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ – 99/2009). Аэроионизацию воздушной среды регистрировали с помощью малогабаритного счетчика аэроионов МАС-01 в соответствии с МУ 4.3.1517-03 «Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионизирующего оборудования» и МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха». Многокомпонентный мелкодисперсный соляной аэрозоль исследовали с помощью прибора «Аэрокон».

Годовой экономический эффект от использования указанных объектов рассчитывали по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = [(L_x + Y_x) - (L_y + Y_y)] C,$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – среднегодовая экономия при внедрении медицинской технологии, рассчитанная на объем внедрения; L_x , L_y – затраты на лечение одного случая заболевания при базовой и предлагаемой медицинской технологии; Y_x , Y_y – потери в связи с временной утратой трудоспособности в расчете на один случай заболевания при базовой и предлагаемой медицинской технологии; C – среднегодовое количество случаев заболевания, обеспечиваемое объемом внедрения предлагаемой медицинской технологии.

Статистическую обработку материалов выполняли с использованием стандартных пакетов программ прикладного статистического анализа: Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA) и Statistica (StatSoft. Inc., USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оригинальная сильвинитовая палата «Сильвин-Универсал[®]» – результат модернизации ранее разработанных соляных микрокли-

матических камер [6]. Она содержит двойную сборно-разборную оболочку, снабженную вытяжным вентилятором, системой притока воздуха с фильтром-насытителем, и покрыта внутри эталонными кусочками сильвина полусферической формы, что позволяет значительно увеличить площадь реакционной поверхности для протекания процессов массообмена и хемосорбции [3]. Воздух насыщается электрически заряженными аэроионами и частицами соли за счет радиоактивного излучения соляных поверхностей сильвина и естественных процессов, связанных с динамичным отрывом легких электрически заряженных частиц с этих устройств и их дальнейшим рассеиванием. И использованный воздух выводится из палаты, поверхность стен которой гладкая, с влагостойким покрытием.

Конструктивные особенности соляной микроклиматической палаты «Сильвин-Универсал» позволяют производить эффективную профилактическую обработку жидкими дезинфицирующими средствами внутренних поверхностей сооружения. Перед очередным сеансом солелечения открываются ставни с нанесенными на них кусочками сильвина, что ускоряет процесс реституции физических факторов. Палата снабжена деревянными кроватями с сетками из натуральных нитей. Обеззараживание воздуха осуществляется с помощью бактерицидных ультрафиолетовых облучателей закрытого типа Дезар-2. Одна лампа размещена в палате, а другая – внутри соляной оболочки. Общее и местное, а также декоративное освещение, устанавливаемое по периметру наружной поверхности палаты, осуществляется с помощью ламп малой мощности, исключающих нагрев соляного покрытия. Общая площадь соляного помещения – 28 м², объем – 125 м³. Палата рассчитана на одновременное нахождение 4 человек с одинаковой патологией.

Нами был разработан физиотерапевтический сильвинитовый кабинет – малогабаритное сооружение, поверхность стен кото-

рого в зоне размещения пациентов облицована плитками калийных солей. В его состав также входит соляной фильтр, заполненный дробленым сильвинитом. При прохождении через него воздух подвергается очистке и насыщению частицами соляного многокомпонентного аэрозоля. Данный физиотерапевтический кабинет рассчитан на одновременное пребывание двух пациентов. Площадь реакционной поверхности на одного человека составляет 2,7 м² и способствует интенсивному воздействию основных лечебных факторов ФСК. Особенностью ФСК является возможность регулирования концентрации многокомпонентного соляного аэрозоля за счет специально разработанного генератора, который позволяет получать различные параметры массовой концентрации соляного аэрозоля и применять его для профилактики многих видов заболеваний [1].

Анализ исходных показателей факторов внутренней среды данных сильвинитовых сооружений проводили до начала физиотерапевтических сеансов без присутствия пациентов. Гигиенические исследования параметров микроклимата в СМП «С-У» выявили, что температура воздуха составляла $20,98 \pm 0,25$ °С. Утром ее уровень был ниже по сравнению с дневными часами: $20,7 \pm 0,14$ и $21,2 \pm 0,13$ °С соответственно ($p < 0,05$). Относительная влажность воздуха подвергалась аналогичным изменениям в течение дня и в зависимости от сезонов года. Среднегодовой уровень относительной влажности составил $51,5 \pm 0,7$ %. Скорость движения воздуха при всех замерах не превышала допустимых показателей и находилась в течение года в пределах от $0,2 \pm 0,01$ до $0,12 \pm 0,02$ м/с. Температура ограждающих соляных поверхностей составляла $17,8 \pm 0,01$ °С. Ее более высокие значения отмечались в летнее время ($18,5 \pm 0,03$ °С).

Минерал сильвин, входящий в состав сильвинита и состоящий из хлористого калия, является источником слабо ионизирую-

щего излучения за счет содержания изотопов естественного происхождения К-40. Среднее значение исследованного радиационного фона в соляном помещении без пациентов составляло $0,14 \pm 0,002$ мкЗв/ч, причем его наибольшие уровни отмечались во второй половине дня. Мощность дозы γ -излучения в утренние часы была $0,13 \pm 0,001$ мкЗв/ч, а в дневные – $0,15 \pm 0,0003$ мкЗв/ч ($p < 0,05$). Данная динамика соответствует естественным колебаниям радиационного фона в течение суток в условиях подземного стационара в калийном руднике [2]. Статистически достоверные различия в показателях радиоактивности в СМП «С-У» отмечались в разные сезоны года. Летом его величина была выше ($0,16 \pm 0,0008$ мкЗв/ч), чем в осенний период ($0,13 \pm 0,001$ мкЗв/ч; $p < 0,05$).

Анализ аэроионизационной составляющей воздушной среды соляной микроклиматической палаты «Сильвин-Универсал» показал, что в летние месяцы количество легких отрицательных аэроионов достоверно преобладало по сравнению с холодным временем года, составляя соответственно $606,3 \pm 2,7$ и $467,9 \pm 15,5$ ион/см³. При оценке уровней легких положительных аэроионов в разные сезоны года выявлена обратная динамика: среднее значение в холодные месяцы было выше ($320,8 \pm 13,4$ ион/см³), чем летом – ($300,99 \pm 4,01$ ион/см³) ($p < 0,05$). Динамика концентрации аэроионов с отрицательным знаком в течение суток коррелировала с аналогичными изменениями радиационного фона ($r = 0,73$; $p < 0,05$): утром – $572,96 \pm 7,9$ ион/см³, днем – $555,8 \pm 8,6$ ион/см³ ($p > 0,05$). Количество легких положительных аэроионов в СМП «С-У» в дневные часы при отсутствии пациентов составило $317,2 \pm 7,7$ ион/см³, а утром – $295,3 \pm 5,9$ ион/см³ ($p < 0,05$). Коэффициент униполярности, рассчитываемый как отношение положительных аэроионов к отрицательным, при всех измерениях находился в диапазоне от $0,54 \pm 0,02$ до $0,63 \pm 0,03$ (при норме не более 1).

Среднегодовая концентрация многокомпонентного сухого соляного аэрозоля в воздухе палаты «Сильвин-Универсал» равнялась $0,46 \pm 0,02$ мг/м³. Наибольшее количество аэрозоля регистрировалось в утренние часы ($0,42 \pm 0,01$ мг/м³), несколько снижаясь к концу дня ($0,38 \pm 0,02$ мг/м³). Содержание аэрозоля в воздухе палаты в течение года увеличивалось летом до $0,51 \pm 0,0006$ мг/м³, а осенью достоверно снижалось до $0,33 \pm 0,0006$ мг/м³, оставаясь в пределах терапевтически значимых уровней.

Фоновые показатели в ФСК находились в пределах существующих санитарных правил и норм для учреждений, осуществляющих лечебную деятельность. Внутренняя среда характеризовалась стабильным микроклиматом на протяжении всего дня: температура воздуха – $20,6 \pm 0,06$ °С, относительная влажность – $45,4 \pm 0,53$ %, подвижность воздуха – $0,15 \pm 0,01$ м/с, температура ограждающих поверхностей – $18,4 \pm 0,2$ °С.

Среднее значение радиационного фона было несколько выше естественного, но не превышало допустимого уровня и составляло $0,16 \pm 0,007$ мкЗв/ч. Его максимальные значения отмечались утром – $0,17 \pm 0,003$ мкЗв/ч, а минимальные в дневные часы – $0,13 \pm 0,004$ мкЗв/ч ($p < 0,05$).

Наибольшая концентрация легких отрицательных ионов определялась утром – $560,0 \pm 14,5$ ион/см³, снижаясь днем до $521,7 \pm 17,6$ ион/см³ ($p < 0,05$). Выявлена прямая корреляционная связь между уровнем радиационного фона и содержанием легких аэроионов с отрицательным знаком ($r = 0,7$; $p < 0,05$). При анализе содержания положительных аэроионов отмечалась обратная динамика: высокая концентрация регистрировалась в дневные часы – $270,4 \pm 15,2$ ион/см³. Коэффициент униполярности, характеризующий отношение легких разнозаряженных ионов, на протяжении всего дня был менее единицы.

Содержание соляного аэрозоля в воздухе ФСК поддерживалось с помощью специально предложенного генератора. В утренние часы его концентрация без дополнительного распыления составляла $0,32 \pm 0,006$ мг/м³, а с распылением – $0,76$ мг/м³ ($p < 0,05$). В дневное время наблюдались аналогичные изменения: $0,32 \pm 0,08$ мг/м³ в обычных условиях и $0,75 \pm 0,08$ мг/м³ при функционировании солегенератора ($p < 0,05$). Расчет необходимого количества аэрозоля осуществляли в соответствии с допустимыми уровнями (не более 2,0 мг/м³).

Физические факторы ФСК (микроклимат и радиационный фон) в теплый и холодный периоды года были стабильны.

Максимальные концентрации легких отрицательных аэроионов регистрировались в теплые месяцы – $598,5 \pm 23,8$ ион/см³ ($p < 0,05$). Изменения положительных ионов не имели достоверных отличий: лето – $211,5 \pm 13,2$ ион/см³, осень – $221,8 \pm 14,7$ ион/см³ ($p > 0,05$). Коэффициент униполярности на протяжении всех исследований оставался ниже единицы.

Уровень соляного аэрозоля в воздухе ФСК не зависел от сезона года, составляя в среднем $0,33 \pm 0,004$ и $0,79 \pm 0,003$ мг/м³ за счет функционирования специального генератора.

Гигиенические факторы предложенных моделей сильвинитовых сооружений из калийных солей Верхнекамского месторождения максимально приближены к уровням лечебных факторов соляных микроклиматических палат, разработанных ранее и эксплуатируемых в России и за рубежом [7].

В процессе сеансов минералопрофилактики изучение гигиенических факторов сильвинитовых сооружений показало, что микроклимат на протяжении всего дня, а также в разные сезоны года в соляной микроклиматической палате «Сильвин-Универсал» не претерпевал выраженных изменений и соответствовал оптимальным гигиеническим

нормам. Радиационный фон в динамике физиотерапевтического сеанса составлял $0,14 \pm 0,002$ мкЗв/ч, уменьшаясь к концу до $0,13 \pm 0,002$ мкЗв/ч ($p < 0,05$). Наибольшие его уровни отмечались во второй половине дня. Летом величина γ -излучения была выше ($0,16 \pm 0,014$ мкЗв/ч), чем в осенний ($0,14 \pm 0,007$ мкЗв/ч) период ($p < 0,05$). Данные изменения соответствовали естественным суточным колебаниям радиационного фона, которые составляли $0,10 \pm 0,003$ мкЗв/ч в теплое и $0,08 \pm 0,001$ мкЗв/ч в холодное время года. Наименьшие концентрации отрицательно заряженных ионов в воздухе палаты регистрировались в дневные часы. В летние месяцы число легких отрицательных аэроионов было достоверно выше и составляло $606,3 \pm 2,7$ ион/см³. Данное обстоятельство обусловлено влиянием повышенных температур воздуха на процессы аэроионизации. К середине сеанса происходило достоверное уменьшение легких отрицательных ионов до $565,5 \pm 8,5$ ион/см³, а в конце – до $549,4 \pm 10,06$ ион/см³. При этом концентрация легких положительных аэроионов в середине сеанса достоверно увеличилась до $283,1 \pm 13,5$ ион/см³, достигая максимальных значений при завершении сеанса. Коэффициент униполярности при всех измерениях оставался менее единицы.

Концентрация соляного аэрозоля в воздухе СМП «С-У» несколько снижалась к завершению сеанса за счет его вдыхания пациентами ($p > 0,05$). Выраженной динамики уровней сильвинитового аэрозоля в течение суток и в различные сезоны года в СМП «С-У» не происходило.

Использование системы воздухоподготовки в ФСК во время пребывания там пациентов способствовало поддержанию стабильных параметров микроклимата вне зависимости от сезона года и времени суток. Радиационный фон в начале и середине сеансов солепрофилактики был постоянным ($0,14 \pm 0,002$ мкЗв/ч), снижаясь к концу се-

анса ($p < 0,05$). Его уровни претерпевали изменения в течение дня ($0,17 \pm 0,003$ мкЗв/ч – утро; $0,13 \pm 0,004$ мкЗв/ч – день) и года ($0,16 \pm 0,004$ мкЗв/ч – лето; $0,14 \pm 0,005$ мкЗв/ч – осень).

Для изучения особенностей внутренней среды данного сооружения нами были проведены две серии гигиенических исследований. Первая – при неработающем генераторе, вторая – при его включении в середине сеанса минералопрофилактики (на тридцатой минуте). При этом выявили, что концентрация аэроионов находилась в прямой зависимости от работы солегенератора. При выключенном устройстве уровень легких отрицательных аэроионов постепенно снижался, составляя к концу сеанса $483,4 \pm 16,7$ ион/см³ ($p < 0,05$). Содержание легких положительных ионов достигало максимальных значений в середине сеанса минералопрофилактики ($p < 0,05$), после чего происходило его снижение до $227,5 \pm 15,9$ ион/см³. Концентрация многокомпонентного сухого соляного аэрозоля равнялась $0,39 \pm 0,06$ мг/м³ в начале сеанса и $0,25 \pm 0,05$ мг/м³ в конце. Данные изменения связаны с активным дыханием пациентов, а также процессами оседания сильвинитовых частиц на ограждающих поверхностях. Во время функционирования генератора содержание ионов с отрицательным знаком резко уменьшалось: на 30-й минуте – $442,7 \pm 1,4$ ион/см³ ($p < 0,05$), в конце – $413,2 \pm 0,8$ ион/см³ ($p < 0,05$). Количество легких положительных аэроионов изменялось по-другому: с началом работы устройства их число увеличивалось до $347 \pm 2,7$ ион/см³ ($p < 0,05$), а по окончании равнялось $359 \pm 2,8$ ион/см³ ($p < 0,05$). Выявлена прямая корреляционная связь между уровнем положительных ионов и увеличением концентрации сильвинитового аэрозоля ($r = 0,3$; $p < 0,05$). Коэффициент униполярности при всех замерх оставался менее единицы, свидетельствуя о положительной аэроионизационной среде в ФСК во время сеансов. При этом количество

соляного аэрозоля в воздухе ФСК подвергалось выраженным изменениям: в начале исследований его концентрация была $0,42 \pm 0,07$ мг/м³, увеличиваясь в середине сеанса до $0,89 \pm 0,04$ мг/м³ и уменьшаясь к концу сеанса до $0,65 \pm 0,04$ мг/м³.

Сравнительная характеристика основных параметров внутренней среды соляной микроклиматической палаты «Сильвин-Универсал» и физиотерапевтического сильвинитового кабинета в присутствии пациентов установила, что легких отрицательных аэроионов на 12 % больше в СМП «С-У», чем в ФСК. Содержание многокомпонентного сухого высокодисперсного соляного аэрозоля, начиная с середины сеанса, в ФСК было в 2 раза больше по сравнению с СМП «С-У».

Проведенные гигиенические исследования показали способность сильвинитовых сооружений обеспечивать стабильность основных биопозитивных параметров при отсутствии пациентов. Во время сеансов минералопрофилактики наблюдалось постепенное снижение физических показателей внутренней среды, требующее обязательного соблюдения и проведения гигиенических мероприятий по их реституции.

Дальнейшее внедрение в практическое здравоохранение современных сильвинитовых сооружений позволит снизить затраты на профилактику сердечно-сосудистых и дыхательных заболеваний. Годовой экономический эффект ($\mathcal{E}_{\text{год}}$) от применения СМП «С-У» для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний составит: $\mathcal{E}_{\text{год}} = [(9578,42 + 1469,7) - (1440 + 0)]16 = 153\,729,92$ рубля.

$\mathcal{E}_{\text{год}}$ от применения СМП «С-У» для профилактики заболеваний дыхательной системы: $\mathcal{E}_{\text{год}} = [(6505,47 + 1469,7) - (1440 + 0)]16 = 104\,562,72$ рубля.

$\mathcal{E}_{\text{год}}$ от применения ФСК для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний составит: $\mathcal{E}_{\text{год}} = [(9578,42 + 1515,9) - (1440 + 0)]24 = 231\,703,68$ рубля.

$\mathcal{E}_{\text{год}}$ от функционирования ФСК для профилактики заболеваний дыхательной системы: $\mathcal{E}_{\text{год}} = [(6505,47 + 1515,9) - (1440 + 0)]24 = 157\,952,88$ рубля.

Выводы

1. Гигиеническая оценка основных параметров современных соляных устройств показала улучшение эффекта за счет их конструктивных особенностей. Зафиксировано увеличение количества легких аэроионов с отрицательным знаком в СМП «С-У» на 12 %, концентрация многокомпонентного сухого соляного аэрозоля в ФСК возрастала в 2 раза.

2. В процессе сеансов минералопрофилактики постепенно снижались значения основных параметров внутренней среды сильвинитовых сооружений, которые требуют проведения гигиенических и специальных санитарно-технических мероприятий.

3. Управляемая дозированная подача соляного аэрозоля в ФСК обеспечивала оптимальную концентрацию аэрозоля сильвинита во второй половине сеанса.

4. Гигиенические условия, создаваемые в современных сооружениях из калийных солей, обеспечивают выраженный экономический эффект от их применения.

Библиографический список

1. Баранников В.Г., Дементьев С.В., Ахматдинов О.С. Устройство для приготовления и подачи аэрозоля в соляную микроклиматическую палату: пат. 2004133935/22

- РФ / № 44500; заявл. 23.11.2004; опубл. 27.03.2005. Бюл. № 9:6.
2. Баранников В. Г., Красноштейн А. Е., Папулов Л. М., Туев А. В., Черешнев В. А. Спелеотерапия в калийном руднике. Екатеринбург: УроРАН 1996; 173.
3. Дементьев С. В., Ахматдинов О. С., Баранников В. Г., Кириченко Л. В., Киреенко Л. Д. Индивидуальная соляная сильвинитовая палата для лечения различных нозологических форм заболеваний: пат. 2008116865 РФ, № 2372885; заявл. 28.04.08; опубл. 20.11.09. Бюл. № 32:7.
4. Кириченко Л. В., Баранников В. Г. Гигиеническая оценка условий проведения минералотерапии. Гигиена и санитария 2012; 2: 23–25.
5. Кириченко Л. В., Баранников В. Г., Дементьев С. В., Киреенко Л. Д. Гигиенические факторы солелечения и их влияние на физиологические и иммунологические реакции организма пациентов. Пермский медицинский журнал 2007; 1–2 (24): 84–89.
6. Рязанова Е. А., Баранников В. Г., Кириченко Л. В., Дементьев С. В., Варанкина С. А., Хохрякова В. П. Сравнительная гигиеническая характеристика современных методов солелечения. Пермский медицинский журнал 2014; 3 (31): 65–69.
7. Черешнев В. А., Баранников В. Г., Кириченко Л. В., Дементьев С. В. Физиолого-гигиеническая концепция спелео- и солелечения. РИО Уро РАН 2013; 184.

Материал поступил в редакцию 30.05.2015