

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский государственный медицинский университет  
имени академика Е.А. Вагнера»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

*На правах рукописи*

**ХОХРЯКОВА Вера Павловна**

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ СОЛЯНЫХ МИНЕРАЛОВ ДЛЯ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**14.02.01** – гигиена

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

**Научные руководители:**

доктор медицинских наук, доцент

**Кириченко Лариса Викторовна;**

доктор медицинских наук, профессор

**Маслов Юрий Николаевич**

Пермь 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Особенности условий формирования природных соляных минералов .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Гигиеническая характеристика минерала сильвинита и способы его применения в медицине .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3 Актуальные аспекты санитарно-гигиенического надзора за сильвинитовыми сооружениями .....</b>	<b>32</b>
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1 Гигиеническая и техническая характеристики объектов изучения .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2 Гигиенические методы исследования .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3 Микробиологические методы исследования .....</b>	<b>44</b>
<b>2.4 Математические методы .....</b>	<b>48</b>
<b>2.5 Методы статистической обработки .....</b>	<b>49</b>
<b>ГЛАВА 3. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СВОЙСТВ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ И ФАКТОРОВ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ СОВРЕМЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ СОЛЕТЕРАПИИ .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1 Фоновый уровень гигиенических и микробиологических факторов внутренней среды соляного физиотерапевтического помещения .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Разработка способа определения количества минерала сильвина в ограждениях соляных сооружений различных модификаций .....</b>	<b>58</b>
<b>3.3 Обоснование интегрального критерия оценки интенсивности комплекса факторов внутренней среды соляных сооружений .....</b>	<b>66</b>
<b>ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИЛЬВИНИТОВЫХ УСТРОЙСТВ .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1 Изучение влияния минерала сильвинита на свойства бактериальных культур в лабораторных условиях .....</b>	<b>75</b>
<b>4.2 Обоснование применения микробиологического способа для оценки эффективности работы различных соляных устройств в процессе эксплуатации .....</b>	<b>81</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>95</b>
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>103</b>

<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....</b>	<b>105</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>	<b>106</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>108</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Листинг компьютерной программы для определения содержания минерала сильвина в соляных поверхностях .....</b>	<b>127</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Внедрение результатов исследований в практическую деятельность .....</b>	<b>130</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время в лечении и профилактике ряда заболеваний широко используют медицинские технологии на основе природных факторов, в том числе воздействия на организм пациентов минерала сильвинита [22, 34, 84, 93, 112, 118]. Его добыча осуществляется на севере Пермского края (Западный Урал), где располагается Верхнекамское месторождение калийных солей. Начиная с 1964 года, гигиенистами и физиологами Пермского медицинского института проводились широкомасштабные исследования условий труда шахтеров, а в дальнейшем – воздействия на организм человека естественных факторов подземных выработок [76, 93]. Они позволили дать углубленную характеристику параметрам, формирующим внутреннюю среду рудника [3]. В последующем выявлена возможность развития в данном регионе такого лечебного направления, как сильвинитотерапия, которая представляет собой вид физиотерапевтического воздействия на пациентов специфических физических и химических факторов, формирующихся в сооружениях, выполненных из природного минерала сильвинита [18, 24, 49, 93, 94, 95, 122].

На сегодняшний день в здравоохранении актуально применение сооружений из калийных солей Верхнекамья для лечения заболеваний дыхательной, сердечно-сосудистой, нервной систем, аллергозов, акушерской патологии, воспалительных заболеваний пародонта и ЛОР-органов [25, 33, 77, 78, 79, 80].

Интенсивная и продолжительная эксплуатация сильвинитовых сооружений приводит к изменениям соотношения физико-гигиенических факторов их внутренней среды и микробиологического пейзажа, что способствует снижению эффективности эксплуатации данных помещений [26, 29, 93, 94]. Следовательно,

возникает потребность в разработке и обосновании методов оценки функционирования различных видов соляных физиотерапевтических устройств.

Эффективность работы соляных сооружений, по данным современной научной литературы, оценивается по следующим параметрам:

1. Гигиенические (анализ отдельных факторов внутренней среды с помощью специальных стандартизованных приборов);
2. Клинические (регистрация улучшения общего состояния и самочувствия пациентов, увеличение сроков ремиссии, сокращение рецидивов);
3. Лабораторные (нормализация либо положительные изменения в результатах лабораторных исследований у пациентов).

Однако для изучения гигиенических и клинико-лабораторных параметров необходимо использование дорогостоящих приборов и большого объема лабораторных тестов. В свою очередь клинические исследования имеют ряд недостатков: малая объективизация данных; отсроченный терапевтический эффект; зависимость от индивидуальных особенностей пациентов; при комплексной терапии сложность определения влияния на процесс выздоровления исключительно факторов солелечения [31, 93].

Расширение показаний к применению метода сильвинитотерапии приводит к резкому увеличению количества новых сооружений в разных регионах страны и нагрузки на уже функционирующие объекты [30, 52, 54, 70, 71, 93, 98, 105]. В настоящее время отсутствуют методические подходы к проведению мероприятий по контролю за сильвинитовыми сооружениями, позволяющие унифицировать систему надзора за данными устройствами. Все это приводит к длительной и нерегулируемой эксплуатации соляных сооружений, способствующей значительному изменению лечебных свойств их внутренней среды и снижению терапевтической эффективности [26, 29, 49, 94]. Следовательно, требуется дальнейшее совершенствование организации сильвинитотерапии, на основе углубленных комплексных исследований условий ее проведения с обоснованием гигиенических и санитарно-микробиологических методов контроля внутренней среды.

### **Степень разработанности темы исследования**

В современной литературе широко освещены вопросы применения сильвинитотерапии в комплексном лечении различных заболеваний (Балакина И.Н., 2009; Баранников В.Г. и др. 2011; Кириченко Л.В., 2012; Рязанова Е.А., 2015; Хан М.А., 2012; Айрапетова Н.С., 2011; Weinreich U.M., 2014; Hedmann J., 2006). Описаны основные природные свойства калийных солей, способствующие формированию особой биопозитивной среды в подземных и наземных сооружениях для солетерапии (Кириченко Л.В., 2012; Дорохов Е.В., 2007; Картунова З.В., 2013; Красноштейн А.Е., 1999; Файнбург Г.З., 2005; Тогоев А.М., 2004; Calin M.R., 2014; Chonka Y., 2012; Lazarescu H., 2014).

При этом почти полностью отсутствуют исследования микробиологических параметров внутренней среды наземных сильвинитовых сооружений (Федотова М.Ю., 2005; Мезенцева Е.В., 2003). При наличии единичных исследований по изучению воздействия отдельных факторов сильвинитотерапии на микроорганизмы (Примак Т.Д., 2012; Володченко В.Ф., 2015) и подтверждающих возможность микробиологического загрязнения внутренней среды (Батуро А.П., 2015; Диденко Л.В., 2015; Романовская В.А., 2013; Lamprinou V., 2012), остается невыясненной проблема антимикробного влияния природного минерала сильвинита, а также возможности контаминации и выживания на его поверхности грибков и бактерий, попадающих в воздух соляных устройств в процессе сеансов солетерапии.

Кроме того, в доступной научной литературе полностью отсутствуют исследования, посвященные методам оценки эффективности функционирования современных наземных сооружений для сильвинитотерапии.

**Цель исследования** – углубленное комплексное изучение гигиенических и микробиологических факторов солетерапии в сооружениях из природного сильвинита для оценки их эффективности и обеспечения оптимальных условий эксплуатации.

**Задачи исследования:**

1. Изучить фоновые показатели внутренней среды сильвинитового физиотерапевтического помещения;
2. Разработать объективный метод определения содержания минерала сильвина в сильвинитовых конструкциях;
3. Обосновать интегральный гигиенический критерий прогнозирования эффективности функционирования сильвинитовых устройств;
4. Экспериментально исследовать влияние физических свойств природного минерала сильвинита на ростовые показатели бактериальных культур;
5. Доказать возможность оценки интенсивности факторов внутренней среды сооружений из сильвинита с помощью микробиологического способа.

**Научная новизна**

Впервые проведены комплексные гигиенические и микробиологические исследования лечебных факторов сильвинитового физиотерапевтического помещения (СФП). Создана новая методика подсчета площади активно действующего минерала сильвина в блоках горной породы с помощью специальной компьютерной программы. Обоснован интегральный критерий прогнозирования эффективности сооружений из природных калийных солей. Выявлено антимикробное влияние сильвинита на бактериальные культуры. Разработан и обоснован способ оценки эффективности функционирования сооружений из природных калийных солей.

**Теоретическая и практическая значимость работы**

Получены: патент РФ на полезную модель «Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение», № 146206 от 02.09.2014 г.; свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016612200 «Методика определения площади природного минерала сильвина в сооружениях из калийных солей» (2016 год); патент РФ на изобретение «Способ оценки эффективности работы сильвинитовых сооружений», № 2639511 от 21.12.2017 г.

Разработана малая экспериментальная модель соляного сооружения для проведения микробиологических исследований.

Проведенные углубленные гигиенические и микробиологические исследования позволили расширить представления об особенностях физических факторов внутренней среды сильвинитовых сооружений, выявили наличие антимикробных свойств у природного минерала сильвинита.

Предложены:

- способ анализа эффективности функционирования сильвинитовых сооружений путем регистрации антимикробного влияния минерала на бактериальную культуру *S.aureus*;
- интегральный критерий оценки интенсивности факторов внутренней среды соляных устройств, который может использоваться при проведении мероприятий по контролю за эксплуатируемыми сооружениями.

### **Методология и методы исследования**

Данная работа представляет собой совокупность гигиенических (описательно-оценочный и аналитический метод), микробиологических (лабораторный и натурный эксперимент), математических и статистических методов. Основными методологическими характеристиками работы являются целостность, комплексность, системность, объективность, валидность и воспроизводимость.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Новое сильвинитовое сооружение обладает комплексом гигиенических факторов, соответствующих существующим малозатратным типам соляных устройств, но превышающих их по интенсивности.

2. Программный способ определения содержания минерала сильвина в соляных ограждениях более точен, экономичен по времени и может быть использован для прогнозирования эффективности соляных сооружений на стадии проектирования.



3. Содержание минерала сильвина в сильвинитовых поверхностях сооружений для солелечения является интегральным гигиеническим критерием прогнозирования эффективности работы данных устройств.

4. Микробиологический метод оценки эффективности сильвинитовых сооружений, основанный на антимикробных свойствах минерала сильвинита, способствует совершенствованию условий их эксплуатации.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечены комплексным подходом, достаточным количеством и разнообразием изученных материалов, накопленных за длительный период наблюдения, а также применением адекватных современных гигиенических, микробиологических и статистических методов исследования.

Диссертационная работа апробирована на расширенном заседании кафедр общей гигиены и экологии человека; коммунальной гигиены и гигиены труда; гигиены питания и гигиены детей и подростков; эпидемиологии с курсом гигиены и эпидемиологии ФДПО; общественного здоровья и здравоохранения ФДПО; микробиологии и вирусологии; инфекционных болезней, фтизиопульмонологии Пермского государственного медицинского университета.

Материалы диссертации доложены и обсуждены на научной сессии ПГМА им. академика Е.А. Вагнера, г. Пермь, 2013 год; региональной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты сильвинитотерапии», г. Верещагино, Пермский край, 2014 год; научной сессии ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера «Навстречу 100-летию высшего медицинского образования на Урале», г. Пермь, 2014 г.; международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития медицины», г. Омск, 2014 г.; международной научно-практической конференции «Основные проблемы в современной медицине», г. Волгоград, 2014 г.; конференции аспирантов и соискателей на иностранных языках «Иностранные языки в научной деятельности врача», г. Пермь, 2015 г.; ежегодной итоговой научно-практической конференции

«Актуальные проблемы медицины», г. Гродно, 2016 г.; международном научном конгрессе «Актуальные вопросы медицины – XXI век», г. Пермь, 2016 г.; научном симпозиуме с международным участием на иностранных языках «Perm medicine in context of international communication in science», г. Пермь, 2016 г.; научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективные направления в медицине» (в рамках V Международного конгресса XXII Международной выставки «Медицина и здоровье»), г. Пермь, 2016 г.; симпозиуме «Спелеотерапия: научные основы, достижения, актуальные вопросы» (в рамках 42 Международного конгресса Международного общества медицинской гидрологии и климатологии и III Международного конгресса «Санаторно-курортное лечение»), г. Москва, 2017 г.

По теме диссертации опубликовано 39 печатных работ, из них: 3 – в журналах базы Web of Science и SCOPUS, 18 – в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 12 – зарегистрированы в базе РИНЦ. По материалам диссертационного исследования получено 4 патента РФ, 1 свидетельство о государственной регистрации компьютерной программы.

### **Внедрение результатов исследований**

Результаты исследования внедрены в процесс производства сильвинитовых сооружений научно-производственной компании «Лечебный Климат» и ООО Лечебно-оздоровительный центр «СоЗвездие».

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда при преподавании вузовского компонента «Гигиенические основы спелеотерапии», а также в учебном процессе студентов медико-профилактического факультета на кафедре микробиологии и вирусологии Пермского государственного медицинского университета на элективном курсе «Санитарная микробиология».

### **Личный вклад автора**

Формирование цели и задач исследования, анализ фактического материала и обобщение результатов полностью проведены автором работы.

Автором запланированы и организованы исследования, сформулированы цели и задачи, определены объемы и методы исследований, проведены гигиенические и лабораторные исследования, статистическая обработка, созданы электронные базы данных, выполнен анализ, обобщение и обсуждение результатов, подготовлены публикации и методические рекомендации по теме диссертации. При планировании, организации и проведении исследований по всем разделам работы доля личного участия составила 80%. Доля участия в обобщении материалов – 100%.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, 2 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы; иллюстрирована 6 таблицами, 33 рисунками и 2 приложениями. Список литературы включает 155 источников, в том числе, 109 на русском и 46 на английском языках.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Особенности условий формирования природных соляных минералов

В процессе своей жизнедеятельности человек активно и пассивно взаимодействует с окружающим минеральным миром, который оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на его здоровье. Воздействие минералов на здоровье человека издревле вызывало интерес исследователей. В структуре современной минералогии это выражено в двух интенсивно развивающихся направлениях: минералогия среды обитания и медицинская минералогия [46, 106, 107, 108].

Минералогические факторы среды обитания могут оказывать на организм человека дистанционное, пневмоническое, осязательное и пищевое воздействие. Минералы, не соприкасающиеся напрямую с телом человека, могут влиять только через продукты своего химического разложения или через физические эффекты (магнитное и радиоактивное излучения). Пневмоническое действие оказывают минералы, способные проникать внутрь организма при дыхании в составе воздушной взвеси. Грубые частицы диаметром более 5 мкм оседают в носоглотке, более мелкие попадают в альвеолы, снижая эффективность обогащения крови кислородом, и могут приводить к развитию токсикозов, если минерал обладает свойством растворимости (мышьяк, сера); пневмокониозов (уголь, кварц, асбест); опухолевых заболеваний (радиоактивные минералы). Выраженное негативное воздействие оказывает попадание на кожу легкорастворимых минералов, которые приобретают токсичность, растворяясь под действием влаги, вызывая раздражение и химические ожоги (мирабилит, эпсомит, галотрихит, галит, сильвин). Значительное количество минералов попадает внутрь через пищеварительный тракт вместе с питьевой водой (минеральная взвесь),

продуктами питания (примесные минералы), а также в виде лекарств. Частицы минералов могут вызывать микротравмы органов пищеварительной системы (на клеточном и молекулярном уровне), нарушать солевой баланс организма и оказывать опосредованное действие (ЭМИ, радиоактивность) [46, 56, 59, 105, 106, 107].

Медицинская минералогия – обширная наука, находящаяся на стыке минералогии и медицины, изучающая лечебные свойства минералов и возможности их использования. Она имеет в своем составе ряд дисциплин: минералотерапия (минералопсихотерапия и минералофизиотерапия), минеральная профилактика, минералогическая диагностика, минеральная фармакология, имплантотехнология, минеральная травматология и медицинская топоминералогия. Минералофизиотерапия основана на использовании особых свойств минералов и агрегатов для достижения лечебного эффекта. К ней можно отнести солелечение в соляных рудниках и специальных комнатах, сердоликовые ванны, массаж минералами, стоун-терапию [10, 93, 106, 107, 111, 123, 129].

Проблема влияния минералов на здоровье человека в связи с развитием медицинской минералогии обретает научное обоснование и практическую результативность, создавая условия для выявления и реализации новых перспектив сохранения и укрепления здоровья. Широкое применение в медицинской практике нашли такие соляные минералы как сильвинит, сильвин и галит. На их использовании основаны такие методы лечения как сильвинито- и галотерапия [21, 22, 76, 93, 113, 124, 129, 130]. Для достижения высокого эффекта и нивелирования вреда здоровью пациентов необходимо использовать только высококачественные соляные минералы.

Образование солей, соленосных отложений и рассолов, являющееся частью глобального круговорота веществ на Земле в последние годы привлекает внимание все большего числа исследователей. В связи с широко развернувшимся бурением скважин для добычи нефти и газа во многих регионах Земли обнаружены огромные массы соляных пород. Появились новые гипотезы и попытки дать интерпретацию процессам солеобразования, что усилило интерес к

проблемам галогенеза. Более глубоко и всесторонне изучаются физико-химические условия современного соленакопления в различных географических обстановках, получают новое объяснение важные вопросы образования древних и более молодых соленосных отложений [40, 55, 57, 133].

Соляные месторождения сложены осадочными породами океанического происхождения. В некоторые периоды истории Земли (пермский, юрский, третичный, ранний кембрийский и поздний девонский) в отдельных районах мира возникали особо благоприятные условия для осаждения солей (периоды максимальной интенсивности галогенеза), что привело к образованию соляных месторождений [92]. Различные локальные особенности древних морей (конфигурация и глубина бассейнов, климатическая зона расположения) оказали влияние на минералогический состав и структуру отложений. Мировые месторождения калийных минералов и их пород представлены хлоридами (сильвинитом и карналитом), сульфатхлоридами (каинитом, галитангидритом) и сульфатами (кизеритом, лангбейнитом) [40, 47, 119, 145].

Галогенная (соляная) формация – это пространственно развитый крупный комплекс отложений, сложенных галогенными (хемогенными) породами (гипсы, ангидриты, соли и др.), с которыми также связаны несоленые породы (галопелиты, аргиллиты, мергели, карбонатные породы, алевролиты, песчаники и др.) [40, 47].

Галогено-калиеносная формация слагается пластами и пачками каменной и калийных солей, перемежающихся с гипсами, ангидритами, известняками, доломитами, аргиллитами, мелкозернистыми, засоленными песчаниками. Общая соленасыщенность такой формации составляет 60% и более [12, 14, 127].

Галитовая формация представлена каменной солью, ангидритами, ангидрито-доломитами, доломитами, мергелями с прослоями красноцветных алевролитов, аргиллитов и песчаников. Коэффициент соленасыщенности в среднем составляет от 30-35 до 50-55% [15, 35, 36].

Возникновение того или иного типа формаций напрямую зависит от интенсивности погружения дна бассейна, седиментации и в значительной степени

определяется структурно-тектоническим фактором. Расположение мощных галогенных формаций соотносится с крупнейшими отрицательными структурами земной коры: впадинами на окраинах платформ, прилежащими передовыми прогибами, межгорными впадинами складчатых областей, внутриконтинентальными рифтовыми зонами [15, 40, 126].

Существенное значение для оценки продуктивности галогенных формаций имеет тип их взаимоотношений с перекрывающими и подстилающими отложениями: 1-й тип залегает между образованиями морского генезиса; 2-й тип залегает на морских отложениях и перекрывается красноцветными породами; 3-й залегает на красноцветных и перекрывается морскими; 4-й - располагается среди красноцветных отложений. Крупные промышленные месторождения полезных ископаемых чаще связаны с галогенными формациями первых двух типов [40, 128, 146].

Большинство исследователей относит галогенные отложения к образованиям, возникшим при испарении природных вод (т.н. эвапориты) [40]. Это положение базируется на почти полном соответствии минеральных ассоциаций эвапоритов и их пород солевому составу исходных вод и рассолов, а так же характеру протекающих в них физико-химических процессов [12, 92].

Гидрохимический тип галогенеза определяется составом поверхностных и подземных вод, питающих солеродные бассейны. Влияние структурно-геологических, ландшафтных и климатических факторов на галогенез более выражено, так как в этом случае они контролируют не только закономерности размещения, размеры и продолжительность существования солеродных бассейнов, но и обуславливают особенности формирования состава и распространения питающих их вод. Поскольку структурно-геологические и ландшафтно-климатические факторы на различных участках Земли неодинаковы и со временем изменяются, то галогенез складывается не только из количественных, но и качественных изменений как в пространстве, так и во времени [55, 141, 155]. Это предопределяет разнообразие гидрохимических типов соляных озер даже в пределах одного региона. Сравнительно редкое сочетание

условий, благоприятных для возникновения крупных солеродных бассейнов, где могли бы формироваться мощные залежи эвапоритов и более жёстких для сохранения отложившихся солей. Развитие галогенеза не будет интенсивным, если нет аридного или полуаридного климата (климат пустынь), характеризующихся высокой температурой, низкой влажностью и значительными колебаниями температуры в течение суток [56, 141, 155].

В осадках озёр, как и в галогенных толщах, часто имеет место чередование соляных и несоляных отложений, вызванное периодической сменой условий накопления в годовых и многолетних циклах. Однако неоднократное растворение, переотложение и перекристаллизация солей ведёт к потере первичной структуры и слоистости соляных пород, формированию более однородных пластов различной мощности, лишенных слоистости [40, 56, 155].

Для последующего сохранения соленосных отложений большое значение имеет тип перекрывающих образований и их мощность. Они формируются на заключительных стадиях развития озёрного бассейна [12, 35, 36, 40].

Анализ размещения и условий образования галогенных формаций показывает, что соленакопление не является каким-то исключением, а представляет собой закономерное явление в современном и древнем галогенезе [40, 141, 155].

Среди минералов соляных пород можно выделить главные и второстепенные. К главным относят галит, сильвин, полигалит, ангидрит, кизерит, гипс, карналлит, мирабилит, тенардит, лангбейнит, лауберит, астрохонит, бишофит, эмсонит, каинит. К второстепенным – карбонаты (магнезит, сода, доломит), окислы и гидроокислы железа, минералы бора (инионит, улесит), сульфиды железа и других металлов, а также органическое вещество [40, 47, 155].

Для соляных пород характерно содержание в различном количестве глинистых, алевроитовых, песчаных и других примесей, которые залегают в виде прослоек, пластов и линз различной мощности. Кроме того, соляные породы могут образовывать другие формы залегания (штоки, купола и др.) в результате



тектонических движений земной коры [40].

Сульфатные соляные породы (ангидриты) встречаются в виде тонких прослоек, пластов и линз значительной мощности, которые вблизи поверхности земли подвергаются гидратации, переходя в гипс со значительным увеличением объема и изменением текстурно-структурных свойств, либо переслаиваются с гипсом, каменной солью и глиной. Также встречаются в виде небольших пятен и включений в каменной соли. Ангидриты чаще зернистые, голубовато-серого, белого или красноватого цветов [76, 103].

Хлоридные породы или галогениды представлены галитом, сильвинитом, карналлитом и некоторыми другими. Каменная соль сложена галитом, в виде примеси содержит другие хлористые и сернокислые соли, ангидриты и окислы железа. Она бесцветна либо окрашена в различные цвета. Серая окраска связана с примесью ангидрита и терригенных частиц, красная – гематита, синяя – рассеянного в галите металлического натрия. Кристаллы галита содержат включения жидкости и газов [35, 40, 118, 148].

Карналлитовая порода состоит на 50-80% из минерала карналлита и 20-50% галита с небольшим количеством ангидрита, глинистых и других примесей. Окрашена в оранжево-красные и красные тона, окраска пятнистая. Благодаря высокой гигроскопичности карналлита поверхность породы влажная. В виде включений в карналлите встречаются газообразные углеводороды и остатки солеобразующей рапы [1, 36, 56].

Сильвиновая порода состоит из галита (25-50%) и сильвина (50-75%), содержит также небольшое количество ангидрита, глины и других примесей. Сильвиновая порода обычно именуется сильвинитом, имеет тонкую слоистость благодаря чередованию слоев сильвина, галита и глинистого ангидрита.

Также встречаются породы смешанного состава – каиниты и глаубериты. Каинитовая порода состоит из каинита (40-70%), галита (30-60%) и других соляных минералов, содержащихся в небольшом количестве (полигалит, кизерит, лангбейнит, карналлит). Глауберитовая порода – желтовато-бурого и бурого цвета, реже серого, кристаллически-зернистая (от тонко - до крупнозернистой),

состоит из глауберита (50-90%), галита (1-50%), карбонатов (3-12%), нерастворимого в HCl остатка (2-15%). Иногда в парагенезисе с глауберитом и галитом встречается также ангидрит. При выветривании на поверхности земли глауберит переходит в мирабилит и гипс [57, 103, 141].

Помимо мономинеральных и олигомиктовых соляных пород, состоящих почти нацело из одного (каменная соль) или двух минералов (сильвиновая, карналлитовая), встречаются полиминеральные породы. Так, например, в Прикарпатских соляных месторождениях неоген-палеогенового возраста описана так называемая твердая соль, состоящая из сильвина, каинита, полигалита, кизерита, галита, и некоторых других минералов [40, 66, 67].

Одним из компонентов, применяемых в минералофизиотерапии для строительства различных устройств и сооружений, является осадочная горная порода сильвинит. Этот калийсодержащий минерал чаще формировался при испарении морской воды, однако сейчас встречается не во всех соляных месторождениях. Огромное количество сильвинита находится в месторождениях калийных солей на севере Германии, в Российской Федерации, в Техасе (США), в Эльзасе (Франция), а также в Ливии. Другие месторождения расположены в Испании и Индии, в Канаде (провинция Саскачеван) [12, 66, 67, 123, 148].

Реже сильвинит образуется в соленых озерах (озеро Сёрлс, Мертвое море, озера Западного Казахстана). В процессе галогенеза сильвин (основной компонент сильвинита) выпадает одним из последних, поэтому он характерен для верхних горизонтов соленосных отложений. Небольшие количества сильвина встречаются в областях активного вулканизма (Камчатка (Россия), вулкан Везувий (Италия), или как налеты на поверхности молодых лав. Совместно с галитом сильвин входит в состав выцветов на солончаковых почвах в районах засушливого климата, в залежах селитры в пустынях Чили и Перу, как сопутствующий минерал образуется в донных отложениях у берегов степных озер. Сильвинит присутствует в соленосных толщах, возникших преимущественно в связи с усыханием морских бассейнов: Припятский бассейн (Белоруссия), месторождения Калуш-Голыньское и Стебниковское (Украина);

Соликамское (Россия); Штасфурт (Германия) [12, 22, 128, 155].

Большое количество сильвинита добывается подземным способом на месторождениях калийных солей севера Германии. Например, пласт Штасфуртского соленосного бассейна, простирается на площади от 80 до 100 тыс. кв.км. при средней мощности 20 м; объем запасов равен 1600-2000 куб. км, что соответствует 3000 миллиардов тонн калийной соли. В США (Техас), на западе Канады и в России (Соликамск-Березники) открыты аналогичные крупные месторождения [54, 76].

Основные месторождения калийных солей в Российской Федерации – Непское, Гремячинское, Эльтонское и Верхнекамское. Наиболее крупное из них – Верхнекамское месторождение калийных солей, расположенное на Западном Урале. В нем сосредоточено около 80% запасов калийных руд России [14, 15, 67, 93].

Непское месторождение, было открыто в 1976 году. Оно располагается на территории Катангского района Иркутской области, между реками Нижняя Тунгуска и Непа. В составе минералов присутствуют каменная и калийная соли, ангидриты и ангидритно-карбонатная порода. Мощность отложений в пределах калиеносного бассейна около 200 м, пласты калийных солей располагаются на глубине 700-900 м от поверхности [7, 67].

В срезе месторождения выделяют 5 слоев: нижние ангидриты, нижняя каменная соль, калиеносная порода, верхняя каменная соль и верхние ангидриты. Сильвинит характерен для центральных участков Непского бассейна, карналлит преобладает на окраинных частях, смешанные породы занимают промежуточное положение, образуя переходную зону [12]

Характерными особенностями месторождения являются почти горизонтальное залегание всех соляных пластов и незначительная роль прослоев несоляных пород в пределах калиеносной толщи, мощность которых не превышает 1 см (обычно – 0,5-1 мм). Количество нерастворимых в воде минералов в соляной породе 1 % [66].

Гремячинское калийное месторождение тянется вдоль Прикаспийской впадины с юго-запада на северо-восток на расстояние около 500 км. Оно расположено в пределах Котельниковского района Волгоградской области в 150 км к юго-западу от г. Волгограда и в 20 км от районного центра г. Котельников. Непосредственно в пределах Гремячинского месторождения обнаружены отложения верхнего карбона, перми, триаса, мела и всех систем кайнозойской эры [84, 91].

Основной калийный горизонт сложен сильвинитами и смешанными породами (галит+карналлит, сильвин+галит+карналлит). Он расположен на всей площади Гремячинского месторождения и имеет на своем протяжении разную мощность (до 50 м). В разрезе представлены слои каменной соли, доломитов, ангидритов, калийных и калийно-магниевых солей, с небольшим содержанием примесного материала. Мощность галогенной толщи от 175 до 368 м [67].

Разрабатываемый сильвинитовый пласт данного месторождения имеет мощность 6-10 м, которая в центральной части залежи увеличивается до 15-20 м, в юго-западной части - уменьшается до 2,5-4 м. Пласт имеет четкую верхнюю границу с перекрывающим слоем толщиной 2-3 м из чистой калийной соли, снизу граничит с карналлитовыми породами. Содержание хлорида калия варьирует от 30 до 50%, при среднем значении 39,52%, Хлориды магния составляют около 1% от общего объема залежей, суммарное содержание сульфатов кальция и нерастворимого осадка составляет от 3 до 11%. Для добываемого материала характерна повышенная  $\gamma$ -радиоактивность [6, 67].

Основными отличительными чертами Гремячинского месторождения калийных солей являются высокая прочность вмещающих и перекрывающих пород, а также отсутствие в кровле и калийном пласте глинистых прослоев. К водозащитной толще месторождения относится каменная соль, галит-ангидритовые, ангидритовые и доломитовые образования, изолирующие продуктивный сильвинитовый пласт от вышележащих пресных вод триасовых и мезокайнозойских отложений [67, 84].

Эльтонское месторождение калийных солей расположено у озера Эльтон в Палласовском районе Волгоградской области. Приурочено к крупному соляному массиву с глубиной залегания солей 257 – 300 м. Ниже соляного зеркала расположена кунгурская галогеновая серия, состоящая из калийных и калийно-магниевых солей сильвинитового, карналлитового и кизеритового состава [22, 66].

Продуктивные залежи принадлежат к двум калийно-магниевым пластам. Мощность сильвинитового слоя нижнего основного пласта на площади участка колеблется от 3 до 40,7 м. Среднее содержание хлорида калия в сильвинитовой руде - 43,18%, карналлитовые и смешанные руды содержат от 21,75 до 33,25% хлорида калия. При этих экономически выгодных характеристиках Эльтонское месторождение имеет очень сложные геологические условия для разработки [40, 67].

Верхнекамское месторождение сформировалось на месте древнего Пермского моря, которое в Пермский период (250 миллионов лет назад) располагалось от Северного Ледовитого океана до современного Каспия. Дальнейшее поднятие обширных платформенных областей разобщило его на малозаметные бассейны - лагуны. Под воздействием солнца концентрация солей в лагунах резко возрастала, а затем натриевые, калиевые, магниевые соли стали выпадать в осадок. Постепенно на протяжении многих тысячелетий откладывались мощные солевые пласты, которые со временем покрывались другими осадочными породами. Так на Западном Урале образовалась гигантская линзообразная залежь, вытянутая с севера на юг на 200 км, шириной до 50 км, площадью 6,5 тысяч квадратных километров. Она состоит из подстилающей каменной соли, калийно-магниевых солей и покровной каменной соли. Залежи калийных солей имеют протяженность до 136 км, ширину до 40 км, площадь - 3,5 тысяч квадратных километров. По комплексу калийных минералов и их пород данное месторождение сформировано хлоридами (сильвинит и карналлит), в отличие от других аналогичных месторождений, включающих сульфатхлориды (каинит, галитангидрит) и сульфаты (кизерит, лангбейнит) [15, 67, 76].

Разрез соляных отложений Верхнекамского месторождения начинается переходной толщей, представляемой слоями каменной соли мощностью от долей метра до 25-30 м, чередующимися со слоями соленосных и гипсоносных глин и проницаемых мергелистых известняков примерно такой же мощности. Ниже залегает пласт покровной каменной соли, за которым следует мощная толща калийных и магниевых солей – карналлитовая и сильвинитовая зоны [36].

Поверхность переходной толщи в Соликамском районе находится на глубине порядка 120-160 м, а ее общая мощность вместе с покровной каменной солью составляет не менее 50-60 метров. Минеральный состав основных промышленных пластов представлен следующим образом: сильвин, галит, карналлит с некоторым количеством карбонатов и сульфатов кальция и глинистых минералов [14, 93].

Содержание KCl в сильвините Верхнекамского месторождения колеблется от 10 до 35% (средний показатель – 17,39%). Верхний сильвинитовый горизонт является продуктом разложения карналлитовой зоны (с выносом  $MgCl_2$ ) и представлен грубозернистой пестрой цветной массой, в которой сильвин молочно-белого цвета ассоциирует с бесцветной, голубой, синей и сероватой каменной солью. Нижний горизонт представлен красным сильвинитом мелкозернистого строения: розовый или красный сильвин тесно перемешан с бесцветной или синей каменной солью [14, 15, 76].

Минерал сильвинит в рудах Верхнекамья представлен молочно-белой, розовой, красной и сургучно-красной разновидностями, отличающимися по гранулометрии, морфологии и химическому составу зерен. Содержание хлористого калия в монокристаллах от 97,5 до 99,3%. Соляные породы сухие, но не совсем лишены воды. Кроме кристаллизационной воды, в солях содержатся мельчайшие включения рассолов, а также в незначительном количестве межкристаллические воды [15, 36].

Галопелитовые прослойки в рудах представляют сложную многокомпонентную систему, состоящую из водорастворимых солей (5-12%),

поровых растворов (15-30%), нерастворимого осадка (52-70%), неорганического вещества (10-12%).

Геолого-минералогической особенностью Верхнекамских калийных солей, по сравнению с солями других месторождений, является высокая крепость сильвинита, которая определяет степень дисперсности аэрозольных частиц. В среднем 85% солевых частиц имеют размер менее 2 микрон, они полиморфны и имеют заостренные края [36, 93].

В пластах калийных солей (именно сильвинита) присутствуют металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы: медь (0,0005%), железо (0,4%), титан (0,002%), марганец (0,03%), стронций (0,005), литий (0,003%), бор (0,003%), торий (0,002%), рубидий (0,0002%), в меньших количествах обнаружены никель, кобальт, лантан, барий, цинк, хром [12, 76].

Также характерной особенностью калийных солей Верхнекамского месторождения является высокая теплопроводность породы, превосходящая теплопроводность каменного угля в 17 раз. Сильвинитовые слои имеют теплопроводность 8980 кал/ м·ч·град (для пласта Красный II) и 7,432 кал/ м·ч·град (для пласта АБ), подстилающая каменная соль – 7,352 кал/м·ч·град; температуропроводность сильвинита 0,020 м<sup>2</sup>/ч, галита - 0,016 м<sup>2</sup>/ч; удельной теплоемкости – 419,9 ккал/м<sup>3</sup>·град (сильвинит), 459,4 ккал/м<sup>3</sup>·град (каменная соль) [36, 76, 93].

Важная особенность калийно-магниевых руд - их естественная радиоактивность, создаваемая присутствующими в рудах радиоактивными изотопами и элементами (калий-40, радий, торий), которые при радиоактивном распаде испускают  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучи. Под влиянием ионизирующего излучения молекулы воздуха расщепляются на отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные аэроионы [15, 94].

Разное территориальное расположение месторождений калийных минералов и особенности условий их формирования определяют в дальнейшем специфичность химического состава добываемых солей, а также вероятность и доступность разработки залежей. Это, в свою очередь, обуславливает

возможности использования природных калийных минералов различных месторождений в лечебно-профилактических целях.

## **1.2 Гигиеническая характеристика минерала сильвинита и способы его применения в медицине**

Сильвинит представляет собой осадочную горную породу, состоящую из смеси двух соляных минералов: галита (каменная соль) и сильвина (калийная соль). Физико-химические свойства сильвинита обусловлены характеристиками его компонентов [76].

Галит (каменная соль или поваренная соль) – минерал поверхностного происхождения, из класса галогенидов, подкласс хлоридов, по составу представлен хлоридом натрия. Имеет стеклянный неметаллический блеск, на вкус – соленый, легко растворяется в воде. Твердость по Моосу 2, удельный вес 2,1-2,2 г/см<sup>3</sup>. Чаще встречаются бесцветные варианты, но минерал может также быть белым, сероватым, розовым, красным, бурым, голубым или синим, причем нередко наблюдается различная окраска в одном образце [66].

У кристаллического галита наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням куба (сингония кубическая). Кристаллы, наросты и вросшие, также имеют кубическую форму. Кристаллическая решетка галита ионная, имеющая форму куба, в узлах – положительные ионы натрия и отрицательные ионы хлора [14, 40].

Происхождение минерала поверхностное. большей частью это лагунный, озерный и морской химический осадок. Кроме того, относительно небольшая концентрации соли может наблюдаться на стенках кратеров вулканов, у выходов соляных источников, в пустынных и степных районах – на поверхности почвы («выцветы») [36, 40].



Другой компонент сильвинита – сильвин, минерал экзогенного происхождения, относящийся к классу хлоридов, хлорид калия. По массе содержит 52,5% калия, в том числе радиоактивный изотоп  $K_{40}$ , в качестве примесей – Na и  $NH_4$ . Кристаллизуется в кубической сингонии (кристаллы имеют форму кубов, они прозрачные или просвечивающиеся), излом ступенчатый. Габитус кубический, реже октаэдрический и призматический, нередко наблюдаются кубы или октаэдры, с притуплёнными по углам гранями. Кристаллическая структура - гранецентрированный куб, величина элементарной ячейки существенно больше, чем у галита [7].

Сильвин выделяется в формах плотных зернистых масс, шестоватых и волокнистых агрегатов, сталактитов, сталагмитов, натёков в пещерах, друз, кристаллической корки на дне лагун и озёр, реже кубических или кубооктаэдрических кристаллов. Может образовывать зернистые, крупнокристаллические шестоватые и параллельно-волокнистые агрегаты [40].

Для него характерен стеклянный или тусклый блеск, высокая хрупкость. Обладает горько-солёным, слегка жгучим вкусом, очень гигроскопичен. Легко растворяется в воде: при  $20^\circ$  на 100 частей воды растворяются около 34 частей соли. При повышении температуры на каждые  $10^\circ$  растворимость увеличивается на 2,88 весовых частей соли. Может иметь различный цвет: чистый сильвин бесцветный или молочно-белый, часто прозрачен, нередко окрашен примесями в различные цвета или имеет синюю радиационную окраску. Молочно-белый цвет с желтыми, синими, коричневыми оттенками обусловлен включениями мельчайших пузырьков газов. Ярко-красные, темно-красные и розовые сильвины также являются кристаллозолями, в которые заключены мельчайшие чешуйки гематита ( $Fe_2O_3$ ) в виде грубой дисперсной фазы, остающиеся в осадке при растворении. Оптически изотропен. Прозрачные разновидности минерала хорошо пропускают коротковолновые лучи, на чем основано применение его для призм спектроскопа [36, 40].

Твёрдость минерала по Моосу составляет от 2 до 2,5, плотность  $1,99 \text{ г/см}^3$  (около  $2000 \text{ кг/м}^3$ ). К его частым спутникам относят карналлит, галит, реже

карбонаты и сульфаты (гипс). Минерал похож на галит, но отличается от него по вкусу (каменная соль соленая, а сильвин - горьковато-соленый), по цвету (каменная соль чаще бесцветная) и окрашиванию пламени в фиолетовый цвет, наблюдаемый через синее стекло. Под микроскопом от каменной соли отличается по показателю преломления [7, 103].

Часто сильвин содержит включения жидкостей и газов, главным образом азота, в меньшей степени углекислоты, водорода, метана и гелия. Из механических примесей часто устанавливаются NaCl и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В виде изоморфной примеси почти постоянно присутствует KBr (до 0,1%) и в ничтожных количествах – хлориды рубидия и цезия. При продолжительном одностороннем давлении минерал обнаруживает свойство пластичности. Теплопроводность высокая, теплота образования - 211 000 кал [76, 93].

Сильвинит широко применяется в сельском хозяйстве в составе калийных удобрений. В меньшей степени используется для получения калия и его соединений для медицины, парфюмерии, пиротехники, фотографии, кожевенного, бумажного, стекольного, оптического и лакокрасочного производств. В последние годы он все шире применяется в профилактической и терапевтической медицине как материал для изготовления соляных спелеокамер и других типов сооружений [14, 36, 96, 133, 135, 154].

Таким образом, сильвинит по химическому составу представляет собой смесь хлоридов натрия и калия с примесями различных элементов (Cu, Fe, Ti, Rb, Mn, Sr, Li, В и другие). Он обладает высокой теплопроводностью и удельной теплоемкостью. Присутствие в его составе радиоактивных компонентов (K<sub>40</sub>) обуславливает естественную радиоактивность калийных солей, способствующую активизации процессов аэроионизации воздушной среды (образуются положительные и отрицательные аэроионы) [4, 93].

Крупнейшим месторождением сильвинита на территории России является Верхнекамское месторождение (ВКМКС). На его основе был создан первый в стране Соликамский калийный рудник, позже – Первое Березниковское калийное рудоуправление (БКРУ-1). Добыча полезного ископаемого осуществляется

подземным способом. Микроклимат и состав атмосферы рудников имеют важное гигиеническое значение. Уникальные физико-химические свойства природного минерала сильвинита Западного Урала способствуют созданию в выработках особой внутренней среды, которая характеризуется:

- стабильным микроклиматом и газовым составом воздушной среды;
- слегка повышенным относительно естественного, но не выходящим за пределы нормируемых значений радиационным фоном;
- присутствием в воздухе соляного многокомпонентного мелкодисперсного аэрозоля;
- благоприятной аэроионизационной средой с высокими концентрациями отрицательно заряженных ионов;
- отсутствием аллергенов [3, 18, 36, 76, 93, 123, 125, 132, 140].

Наличие ионизирующего излучения обеспечивает насыщение воздуха легкими аэроионами за счет расщепления газовых молекул на противоположно заряженные частицы (легкие и тяжелые), а также способствует наступлению эффекта радиационного гормезиса (т.е. улучшения состояния здоровья и повышения устойчивости организма под действием ультрамалых доз облучения) [75, 83, 137, 152].

Было отмечено положительное влияние подземной среды рудника на организм шахтеров, выражающееся в отсутствии у них заболеваемости бронхиальной астмой и снижения показателей заболеваемости ХОБЛ. Учеными Пермского государственного медицинского университета совместно с горными инженерами были проведены широкомасштабные гигиенические и физиологические исследования на теплокровных лабораторных животных, а в последующем и на добровольцах в условиях калийного рудника. В результате было подтверждено наличие положительного эффекта внутренней среды калийных выработок на различные системы организма человека (иммунологическую, дыхательную, сердечно-сосудистую, слизистые оболочки носа и др.), что в дальнейшем способствовало применению специфических

свойств калийных солей для лечения и профилактики ряда заболеваний при проведении сеансов спелеотерапии [76, 93, 101, 121, 136, 149, 153, 154].

Спелеотерапия как высокоэффективный немедикаментозный метод лечения болезней дыхательной системы, оздоровления населения и профилактики заболеваний получила значительное признание у больных и врачей. Однако, эксклюзивность этого метода, обусловленная ограниченным количеством спелеолечебниц, и связанные с этим небольшое число коек, необходимость переезда в другие климатические зоны, высокая стоимость процедур, риск затоплений и обвалов в рудниках препятствовали ее широкому распространению. Альтернативой подземным спелеолечебницам стали наземные сооружения, моделирующие естественные лечебные факторы подземных стационаров [29, 65, 76, 121, 124, 129, 142].

В настоящее время в практическом здравоохранении широко применяют различные виды соляных сооружений, с том числе разработанные и запатентованные учеными Пермского медицинского университета. Созданию современных сильвинитовых сооружений предшествовали физиолого-гигиенические исследования, проведенные в изолированном пространстве калийного рудника без доступа свежего воздуха. Полученные результаты позволили в 1982 году получить авторское свидетельство на сооружение «Климатическая камера» [91], которая и стала первым сооружением для солетерапии, расположенным на поверхности.

Наземная климатическая камера, выполненная из соляных блоков, была впервые построена в городе Соликамске Пермской области в 1989 году для лечения пациентов с аллергическими заболеваниями органов дыхания [62]. Лечебное сооружение состояло из палаты для пациентов (14 м<sup>2</sup>), стены которой были выполнены из сильвинитовых блоков (пласт Красный-II), пол – из мелкодробленой калийной соли, потолок – из стекла и дерева. Камера была оборудована системами вентиляции и воздухоподготовки. Вход в палату осуществлялся через шлюзовую камеру. Данное сооружение показало свою

высокую эффективность при включении в комплексное лечение респираторных аллергозов [38].

Для лечения детей сильвинитовая спелеоклиматическая камера впервые начала функционировать в 1992 году в санатории «Росинка» г. Березники. Она представляла собой две лечебные палаты, стены которых облицованы блоками сильвинита толщиной 150 мм, выпиленными из горного массива Верхнекамского месторождения. Потолок палат был выполнен из дерева, пол - с насыпкой слоя соляного щебня толщиной 100-150 мм. Для проветривания лечебных палат использовался воздух, прошедший фильтрацию через насыпную соляную руду [49, 59].

В дальнейшем была разработана соляная спелеокамера из высокопористых блоков сильвинитовой руды, выполненных из сильвинитовой крошки размером несколько миллиметров. Стены соляного сооружения были выполнены из соляных плит, закрепленных на несущем деревянном каркасе. Концентрация положительных и отрицательных аэроионов в камере была значительно выше, чем в атмосферном воздухе, при этом преобладали электроотрицательные аэроионы [75, 83].

В лицее № 1 города Перми в отличие от применяемых ранее спелеоклиматических камер, стены и межоконные проемы помещения были облицованы прессованной солеплиткой. Уменьшенный вес конструкции позволил установить данный комплекс на втором этаже школьного здания и проводить процедуры оздоровления одновременно для 20 детей [74, 85].

Научно-производственная компания «Лечебный Климат» (г. Чайковский), совместно с гигиенистами Пермской медицинской академии в 2001 году разработала и запатентовала новый вид соляного устройства - соляную микроклиматическую палату «Сильвин<sup>®</sup>», основное лечебное помещение которой полностью выполнено из природных калийных солей. Потолок изготавливался из соляных блоков либо плитки с напылением соли. Кроме того, предусматривались вспомогательные помещения для медперсонала и пациентов [33, 93].

Размещение соляных сильвинитовых сооружений в структуре организаций, осуществляющих медицинскую деятельность, сопряжено с определенными техническими, экономическими трудностями индивидуального проектирования и строительства. В связи с этим далеко не все лечебно-профилактические организации могут внедрить данный немедикаментозный метод в комплексное лечение пациентов. Учитывая эти обстоятельства, были разработаны и запатентованы менее затратные типы сильвинитовых сооружений - лечебные соляные экраны, соляные сильвинитовые устройства, соляная микроклиматическая палата «Сильвин-Универсал»<sup>®</sup>, физиотерапевтический сильвинитовый кабинет и другие [77, 78, 79, 88].

Лечебные соляные экраны (ЛСЭ) представляют собой стационарные панели из пластин сильвинита, фрагментарно размещенные на поверхностях стен, либо переносные ширмы и щиты. Размеры и количество соляных экранов определяются в зависимости от площади помещений медицинских организаций. Применение данного типа устройств в лечении пациентов с вульгарным псориазом изучалось совместно с кафедрой дерматологии Пермского медицинского университета. У пациентов клиническая ремиссия достигалась в 65,0% случаев, выраженное улучшение – в 35,0%. Высыпания разрешались опережающими темпами [78, 95]. Кроме того, ЛСЭ использовали в педиатрической практике для лечения детей с экологически зависимыми заболеваниями органов дыхания. Было отмечено выраженное положительное влияние внутренней среды палат, оборудованных соляными экранами, на состояние здоровья пациентов, а именно улучшение параметров легочной вентиляции и функций дыхательной мускулатуры.

Соляное сильвинитовое устройство отличается от предыдущего сооружения наличием воздуховода, который состоит из плиток калийной соли с отверстиями для направления потока воздуха на соляные настенные панели. Изучалось влияние внутренней среды палат, оснащенных ССУ, на функциональное состояние женщин с плацентарной недостаточностью в третьем триместре беременности. Было выявлено уменьшение маточно-плацентарного

сопротивления, сокращение сроков пребывания беременных в стационаре с 14 до 7 дней, положительное влияние на показатели среднего веса, роста и функционального состояния новорожденных [79].

Оригинальная сильвинитовая палата «Сильвин-Универсал»<sup>®</sup> - результат модернизации ранее разработанных соляных микроклиматических камер [18]. 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 [76, 87]. 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, местное и декоративное освещение устанавливается по периметру наружной поверхности палаты и осуществляется с помощью ламп малой мощности, исключающих нагрев соляного покрытия. Общая площадь соляного помещения - 28 м<sup>2</sup>, объем – 125 м<sup>3</sup>. Палата рассчитана на одновременное нахождение 4 человек с одинаковой патологией. Разработанная конструкция соляной палаты, в отличие от других аналогичных сооружений, имеет преимущества для применения в поликлинических условиях: снижение экономических затрат на строительство (дробленый сильвинит), использование жидких и аэрозольных дезинфицирующих средств, способствующих соблюдению противоэпидемического режима, возможность проведения процедур больным с вялотекущими воспалительными процессами и раневыми поверхностями [71, 82].

Физиотерапевтический сильвинитовый кабинет (ФСК) – малозатратное сооружение, поверхность стен которого в зоне размещения пациентов облицована плитками природного сильвинита. Данное устройство также включает соляной фильтр, заполненный дробленым сильвинитом. Атмосферный воздух, проходя через фильтр насыщается частицами соляного многокомпонентного аэрозоля.

ФСК рассчитан на одновременное пребывание двух пациентов. Площадь реакционной поверхности на одного человека составляет 2,7 м<sup>2</sup> и способствует интенсивному воздействию основных лечебных факторов на организм пациентов. Особенностью данного физиотерапевтического сооружения 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 [71]. Гигиеническими исследованиями было выявлено постепенное снижение интенсивности физических факторов внутренней среды во время сеансов минералопрофилактики, требующее проведения гигиенических мероприятий по их реституции.

Таким образом, в соляных сильвинитовых сооружениях создаются особые условия за счет естественных свойств калийных солей, которые оказывают положительный терапевтический эффект при комплексном лечении пациентов с различными заболеваниями (бронхиальная астма, фарингит, гингивит, атопический дерматит, псориаз, заболевания сердечно-сосудистой системы и патологические состояния беременных).

### **1.3. Актуальные аспекты санитарно-гигиенического надзора за сильвинитовыми сооружениями**

Современные модификации наземных сооружений, изготовленных из природных калийных солей, в настоящее время используют для лечения и профилактики ряда заболеваний [63, 77, 78, 79, 80, 116, 117, 143, 147, 151]. Количество активно функционирующих сильвинитовых объектов, строящихся по индивидуальным проектам, постоянно увеличивается. Они отличаются



размерами, формой и особенностями конструкций, что создает различия в формировании физических и химических факторов внутренней среды [32, 33, 88].

В динамике лечения пациентов происходит изменение соотношения факторов внутренней среды сильвинитовых палат, преимущественно аэроионизации воздуха, концентрации соляного аэрозоля и микробного пейзажа [27, 29, 37, 39, 64]. На сегодняшний день санитарно-гигиенический контроль за сильвинитовыми сооружениями не осуществляется. Их интенсивная эксплуатация при отсутствии должного надзора ведет к ухудшению лечебных свойств и снижению эффективности сильвинитотерапии, что диктует необходимость проведения восстанавливающих и профилактических гигиенических мероприятий [23, 26, 27, 28, 81].

В настоящее время существуют нормативные документы, которые могут быть использованы при проведении гигиенического контроля за соляными микроклиматическими палатами и другими сооружениями из природных солей:

1. Руководство Р 2.1.3.004-94 «Организация гигиенического контроля соляных климатических камер для лечения заболеваний органов дыхания», М. - 1994;
2. Методические указания МУ 4.3.1517-03 «Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионирующего оборудования», Пермь – 2003;
3. Методические указания МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионизационного состава воздуха»;
4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3.2630 – 10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность»;
5. Методические рекомендации от 28.04.94 «Лечение в спелеоклиматической камере из натуральных калийно-магниевых солей Верхнекамского месторождения»;
6. Методические рекомендации от 25.11.02 «Санитарно-гигиенические требования к соляным комплексам и соляным микроклиматическим палатам»;

7. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений».

В перечисленных документах отражены гигиенические требования, предъявляемые к состоянию лечебной внутренней среды, расположению, санитарному содержанию и режиму работы функционирующих соляных устройств, которые могут быть представлены отдельными сооружениями или целыми соляными комплексами [5, 39]. Часть методических указаний направлена на предотвращение неблагоприятного влияния недостаточности или избыточности аэроионизационной составляющей в воздухе на здоровье человека [43, 44, 69].

Помещения, в которых используется аэроионизирующее оборудование (в том числе соляные физиотерапевтические сооружения), согласно указанным выше документам, не допускается размещать в жилых зданиях. Ввиду значительного веса соляных конструкций рекомендуется их строительство на первых этажах лечебно-профилактических организаций и общественных зданий. Не следует располагать соляные сооружения в помещениях, смежных с помещениями с повышенной влажностью (бассейны, кабинеты бальнеотерапии), во избежание растворения солематериала [5].

Полный гигиенический контроль параметров лечебной среды соляных помещений должен осуществляться не реже одного раза в год, а также после проведения ремонтных работ или длительного нахождения соляной палаты в нерабочем состоянии. Нормируемыми показателями являются микроклимат, содержание частиц соляного аэрозоля, аэроионный состав воздушной среды, радиационный фон, уровень шума, микробная обсемененность внутренней среды. В случае отклонения от нормируемых показателей рекомендуется проведение комплекса работ по выведению соляного помещения на оптимальный режим функционирования. Ежедневно перед каждым сеансом использования, но не менее трех раз в сутки необходимо производить замеры основных параметров микроклимата (температура и влажность воздуха) [5, 72].

Параметры микроклимата рекомендовано поддерживать в следующих пределах: температура воздуха 14 - 22<sup>0</sup>С, относительная влажность воздуха 40 - 75%, скорость движения воздуха не более 0,15 м/с [39].

Контроль гигиенических показателей внутренней аэроионизационной среды наземных соляных сооружений должен осуществляться на расстоянии 0,8 м от каждой стены и на высоте 0,5 м от пола за 10 минут до окончания сеанса солетерапии в присутствии пациентов. Минимальная допустимая концентрация отрицательно заряженных аэроионов – 600 ион/см<sup>3</sup>, положительно заряженных – 400 ион/см<sup>3</sup>. Максимально допустимая концентрация аэроионов как положительной, так и отрицательной полярности – 50000 ион/см<sup>3</sup>. Рекомендуемая концентрация легких аэроионов 800 - 3000 ион/см<sup>3</sup> [17, 43, 44].

Содержание соляного аэрозоля в помещениях с аэроионизирующими объектами санитарно-эпидемиологического и терапевтического назначения не должно превышать 2 мг/м<sup>3</sup>, наличие аэрозольных частиц размером до 5 мкм в пределах 70 – 80% [41, 43].

Не реже одного раза в 1-2 года необходимо осуществлять приостановление работы соляных сооружений для профилактической гигиенической зачистки монолитных соляных поверхностей на глубину до 1 мм механическим способом и регулирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха. При наличии насыпного пола из дробленой минеральной породы ее следует заменять на свежую, прокалывать или очищать в специальном барабанном устройстве [69].

В настоящее время предупредительный санитарный надзор за сильвинитовыми сооружениями на стадии проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию не проводится. Текущий санитарно-гигиенический контроль данных объектов специалисты ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» осуществляют только по поступившим жалобам от населения.

В изученной научной литературе при описании процедуры спелеотерапии авторы отмечают ее основные действующие лечебные факторы: стабильный микроклимат, наличие соляного аэрозоля в воздухе, отсутствие аллергенов и поллютантов, низкая бактериальная обсемененность воздушной среды [68, 120,

124, 131, 134, 138, 139, 150]. Аналогичные факторы свойственны и наземным соляным сооружениям, изготовленным из сильвинита и галита. Однако механизм поддержания микробиологической чистоты воздуха как в пещерах, так и в искусственных сооружениях остается невыясненным.

Доказано снижение плотности популяции условно-патогенных стафилококков при воздействии потока отрицательных аэроионов при длительной экспозиции [61]. Данные исследования позволяют предположить, что в основе процессов поддержания бактериальной чистоты в сильвинитовых сооружениях лежит наличие особой аэроионизационной среды, обусловленной присутствием радиоактивного элемента Калий-40 в составе минерала.

В воздухе соляных сооружений присутствует значительное количество соляного аэрозоля, что может способствовать поддержанию микробиологической чистоты, за счет чувствительности многих микроорганизмов к химическому составу среды обитания, в том числе к высоким концентрациям солей. Так, например, хлор, являясь сильнейшим окислителем благодаря наличию семи электронов на внешней орбитали атома, способен разрушать важные элементы цитоплазмы клеток и угнетать гидролитическую и дегидрогеназную активность бактерий. Кроме окислительного эффекта хлор стимулирует мощную денатурацию белков путем замещения атомов водорода. Калий как внутриклеточный ион имеет прямое отношение к процессам синтеза белка, дефосфорилирования и обмену глюкозы. Натрий играет важную роль в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия. Такие элементы как железо, медь, марганец также способны оказывать токсическое действие на бактериальные клетки [11, 51, 89].

В общедоступной литературе почти не представлены данные, подтверждающие наличие в соляных сооружениях благоприятной в микробиологическом отношении воздушной среды, мало внимания уделено мерам по профилактике ее контаминации.

Имеются единичные исследования, выявившие высокую степень бактериальной чистоты воздушной среды в наземной сильвинитовой палате со

сроком эксплуатации менее 1 года. Общее микробное число не превышало нормативы даже для акушерского стационара, в пробах воздуха не выявлены золотистый стафилококк и  $\beta$ -гемолитический стрептококк. В смывах с соляных поверхностей и мебели патогенные микроорганизмы отсутствовали [49]. Однако повторных исследований в данном сооружении после длительной эксплуатации не проводилось, что не позволяет судить о наличии или отсутствии механизмов самоочищения и поддержания микробной чистоты воздуха палаты.

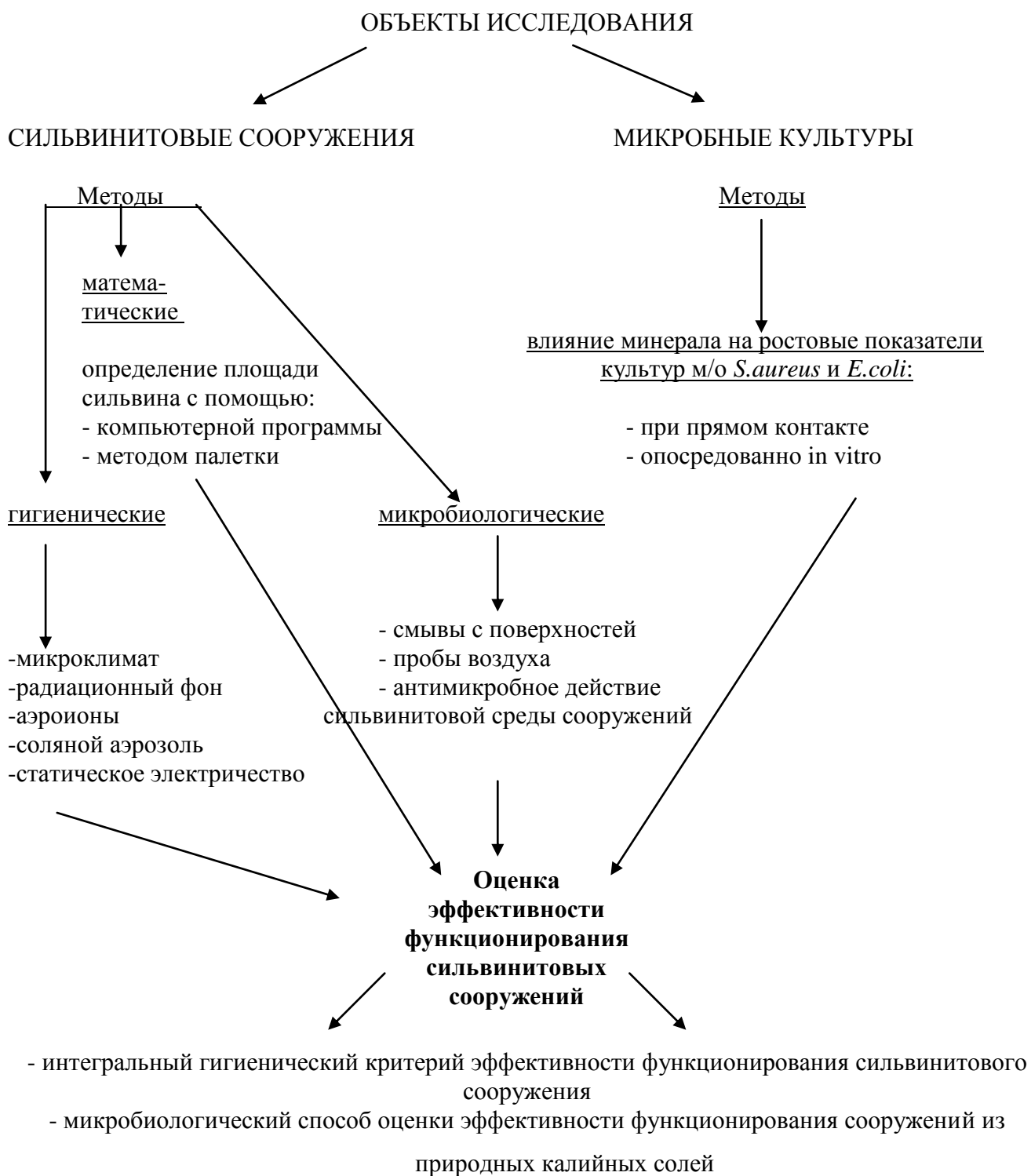
Анализ микрофлоры воздушной среды соляных сооружений, эксплуатируемых в городе Перми, показал, что воздух в них весьма подвержен микробному загрязнению в период проведения сеансов солелечения. При активной эксплуатации качество воздуха не успевало восстановиться полностью к началу следующего сеанса, даже при правильном использовании вытяжной вентиляции [90].

При рассмотрении вопроса проведения микробиологического контроля за соляными сильвинитовыми сооружениями в ряде нормативных документов указаны допустимые значения концентрации микроорганизмов в воздушной среде (не более 1000 КОЕ/м<sup>3</sup>), однако полностью отсутствовало описание гигиенических требований к объему и кратности осуществления контрольных мероприятий.

Следовательно, так как в процессе сеансов сильвинитотерапии происходит существенное изменение микробиологического фактора в наземных сооружениях из природных калийных солей, необходимо проведение дополнительных углубленных гигиенических и микробиологических исследований для выбора методов коррекции микробного загрязнения, достижения соответствия показателей бактериальной обсемененности санитарно-гигиеническим нормативам, а также разработки программ и способов контроля за эффективностью эксплуатации сооружений из природного сильвинита.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены согласно разработанного дизайна:



Работа выполнена на базе кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России, лабораторной базой являлась Центральная Научно-Исследовательская Лаборатория ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России.

## **2.1 Гигиеническая и техническая характеристики объектов изучения**

Объекты исследования:

а) соляные устройства и сооружения, расположенные в организациях, осуществляющих медицинскую деятельность, города Перми – 3 соляные микроклиматические палаты «Сильвин», 1 галокамера, соляное сильвинитовое устройство и сильвинитовое физиотерапевтическое помещение.

Соляная микроклиматическая палата «Сильвин®» (СМП «С») представляет собой сооружение, состоящее из основного лечебного помещения, стены и пол которого выполнены из блоков природных калийных солей Верхнекамского месторождения. Потолок – из плиток с соляным напылением. В закамерном пространстве установлены технические устройства для дополнительной предварительной воздухоподготовки (кондиционер и вентиляторы), предусмотрены вспомогательные помещения для медперсонала и пациентов. Палата оснащена соляным фильтром-насытителем, вытяжной вентиляцией и системой аудио- и видеонаблюдения. Общее и местное освещение осуществляется с помощью ламп накаливания малой мощности. Декоративное освещение, устанавливаемое по периметру внутренней поверхности палаты, представлено закрытыми источниками света [25].

Галокамера это сооружение, стены которого покрыты солематериалами, оборудованное генератором для насыщения внутреннего пространства аэрозолем поваренной соли, дополненное устройствами для кондиционирования и обеззараживания воздуха. [9, 13, 99, 100, 144].

Соляное сильвинитовое устройство (ССУ), представляет собой облицованную природным сильвинитом прикроватную поверхность стен больничной палаты площадью не менее 1,3 м<sup>2</sup> на одного пациента. В нижней части сооружения расположен сильвинитовый фильтр, выполненный из плиток природной калийной соли, в стенках которых имеются отверстия. Направленное продвижение воздуха через дробленый сильвинит осуществляется за счет специального побудителя [88].

Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение (СФП), оборудовано двумя соляными панелями из природного сильвинита (содержание сильвина 33-35%), общей площадью 9 м<sup>2</sup> (при площади соляной поверхности 3 м<sup>2</sup> на 1 пациента), двумя соляными фильтрами, которые через воздуховоды соединены с фрамугой, имеющей закрылки, для забора атмосферного и удаления отработанного воздуха. Для направленного движения воздуха на соляные панели в нижней части фильтров имеется вентилятор, а в верхней – патрубки. Помещение оснащено устройством для приготовления и подачи аэрозоля 100%-ного сильвинита [73].

б) разработанная нами модель сильвинитового сооружения для моделирования его внутренней среды, предназначенная для проведения микробиологических экспериментов. Оригинальная модель представляет собой устройство с плотно притертой крышкой, на треть заполненное кусковым сильвинитом и сильвинитовой крошкой, внутри которого формировался весь комплекс лечебных факторов солетерапии.

в) набор культур микроорганизмов, включающий в себя как музейные стандартизованные штаммы *S. aureus* (номер штамма ГКПМ 201188, № 906), *E.coli* М-17, так и клинические изоляты (*S. aureus*, *E. coli*, *Kl. pneumoniae*, *B. subtilis*, *Str. pyogenes*).



## 2.2 Гигиенические методы исследования

Оценка микроклимата состояла из мониторинга температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и температуры ограждающих поверхностей. Использовали приборы рекомендованные санитарной службой для проведения гигиенических исследований воздушной среды объектов. Все приборы были технически исправны и прошли метрологическую поверку [20, 45].

Температуру и относительную влажность воздуха измеряли электронным прибором Метеоскоп, предназначенным для исследования параметров воздушной среды в жилых помещениях и в атмосфере. Принцип работы метеоскопа основан на применении двух датчиков температуры (термисторы), один из которых находится в тепловом равновесии с окружающей средой, а другой нагревается электрическим током заданной величина. Полученные с термисторов данные обрабатываются процессором. Измерение влажности воздуха основано на способности конденсатора менять свою емкость в зависимости от влажности окружающей среды.

Температуру, относительную влажность и подвижность воздуха измеряли на высоте 0,6 м от пола в местах размещения пациентов на расстоянии не менее 0,5 м от внутренней поверхности наружных стен и отопительных приборов, а также в центре соляных сооружений. Замеры осуществляли в холодный и теплый период года, один раз в сутки, в первой половине дня [19].

Измерения скорости движения воздуха осуществляли в 5 точках помещения, выбранных в соответствии с методом конверта, 1 раз в сутки, с последующим расчетом средней арифметической величины.

Температуру ограждающих поверхностей определяли съемным датчиком К-типа прибора Center-311 на соляных поверхностях сильвинитовых устройств на высоте одного метра от пола в 4 точках по периметру соляных сооружений. Общее количество исследованных показателей – 3510.

**Аэроионизацию воздушной среды** определяли малогабаритным счетчиком аэроионов МАС-01. Прибор применялся нами для экспрессных измерений количества легких положительных и отрицательных аэроионов с целью контроля уровней естественной и искусственной ионизации воздуха в сооружениях из природных солей в соответствии с санитарными требованиями [43, 44]. Принцип его действия основан на осаждении аэроионов обеих полярностей на электроды аспирационной камеры из продуваемого исследуемого воздуха заданного объема под действием электростатического поля с последующим измерением тока положительного и отрицательного знака.

Изучение аэроионного состава воздушной среды проводили в центре соляных помещений и в местах, предназначенных для размещения потребителей медицинской услуги, в их отсутствие. Измерения проводили в течение 17 дней (длительность курса сильвинитотерапии в СФП), один раз в сутки, в утренние часы при оценке фоновых показателей. Для обоснования интегрального критерия оценки функционирования соляных сооружений аналогичные исследования проводили в течение 30 дней. Количество исследований – 900.

**Концентрацию соляного аэрозоля** в воздухе определяли с помощью портативного фотометра «Аэрокон», рассчитанного на непрерывное распознавание данных массовой концентрации аэрозольных частиц, различных по происхождению и химическому составу, работающего по принципу рассеянного света. Для измерения концентрации пыли лазерный луч полупроводникового лазера класса 2А мощностью 1 мВт просвечивает измерительную камеру. Аэрозольные частицы, попавшие в траекторию луча, рассеивают свет. Прибор измеряет исходящий от всех частиц рассеянный свет, попадающий на светоприемник под углом  $45^\circ$  относительно луча. Прибор регистрирует концентрации различных частиц респираторных фракций от 0,2 до 10 мкм, диапазон измерения от 0 до  $100 \text{ мг/м}^3$ . Концентрации аэрозоля с дисперсностью частиц от 0,2 до 0,4 мкм измеряли в воздухе всех исследуемых помещений в зоне дыхания человека (на высоте 1,5 метра от пола), один раз в сутки, в холодный период года, в течение 17 дней. Осуществлено 450 замеров.

**Радиационный фон** изучали прибором РД-1503, который оценивает мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, а также выявляет загрязненность объектов бета-активными нуклидами [6]. Измеритель вычисляет количество  $\gamma$ - и  $\beta$ -частиц с помощью счетчика Гейгера - Мюллера в течение 40 секунд и индицирует показания в мкЗв/час или мкР/час на жидкокристаллическом дисплее. Размах показаний мощности амбиентного эквивалента дозы (мкЗв/ч) от 0,05 до 9,99, экспозиционной дозы (мкР/ч) - от 5 до 999. Диапазон энергий гамма-излучения (МэВ) от 0,1 до 1,25, бета-излучения (МэВ) - от 0,25 до 3,5. Воспроизводимость показаний:  $15+6/P$  (%), где  $P$  – мощность дозы в мкЗв/ч [42].

Дополнительно для измерения  $\beta$ - рентгеновского излучения использовался дозиметр-радиометр МКС-АТ6130. Он предназначен для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы, рентгеновского и гамма-излучения, а также для измерения плотности потока бета-частиц. Принцип действия прибора основан на измерении скорости счета импульсов, генерируемых в газоразрядном счетчике Гейгера–Мюллера под воздействием рентгеновского,  $\beta$ - и  $\gamma$ - излучений. Преобразование скорости счета в измеряемые физические величины происходит автоматически во всем диапазоне. Для оценки мощности и дозы  $\gamma$ - излучения применялся дозиметр ДГК-03Д ГРАЧ. Данный высокочувствительный дозиметр предназначался для оценки радиационной обстановки по звуковым сигналам с частотой, пропорциональной мощности дозы излучения. Он осуществляет измерение амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения. Принцип действия основан на измерении ионизирующего излучения и преобразования полученных результатов в электрические импульсы. Доза радиации определяется в микрозивертах в час, исходя из соотношения количества заряженных радиоактивных частиц, фиксируемых прибором за определенных период времени.

Уровни радиационного фона замеряли в местах предполагаемого расположения пациентов и в центре соляных сооружений. Общее количество измерений – 450.

**Статическое электричество** на соляных поверхностях определяли прибором СТ-01, который регистрировал напряженность электростатического поля и поверхностный электростатический потенциал. Работа устройства основана на возбуждении в преобразователе под воздействием измеряемого электростатического поля переменного напряжения, пропорционального напряженности измеряемого электростатического поля и измерении этого напряжения. Замеры проводили в соляных сильвинитовых сооружениях и в лабораторных условиях на поверхности кускового сильвинита. Всего проведено 120 исследований.

Оценку гигиенических параметров внутренней среды сооружений и устройств осуществляли в соответствии с действующими нормативными документами [19, 20, 43, 53, 72].

### **2.3 Микробиологические методы исследования**

Микробиологические исследования включали в себя оценку фоновых санитарно-микробиологических показателей сильвинитовых сооружений, а также экспериментальное обоснование механизмов и эффектов антимикробного действия минерала сильвинита [72].

Для оценки исходных показателей микробной обсемененности помещений проводили бактериологические исследования воздушной среды и смывов с соляных поверхностей сооружений. Пробы воздуха отбирали аспирационным методом с помощью специального устройства ПУ-1Б. Аспиратор ПУ-1Б предназначен для автоматического отбора проб биологических аэрозолей при проведении санитарного контроля воздуха различных помещений. Он обеспечивает отбор проб аэрозолей объемом от 50 до 1000 литров на плотную питательную среду (чашки Петри диаметром 90 или 100 мм) импакционным осаждением.

Отобрано 36 проб воздуха в СФП, каждая по 250 литров: 18 – на мясопептонный агар (МПА), 18 – на желточно-солевой агар (ЖСА). В пробах на МПА определяли общее микробное число, на ЖСА – содержание санитарно-показательных микроорганизмов группы В (золотистый стафилококк). Мясопептонный агар (МПА) – универсальная естественная плотная среда для выращивания большинства микроорганизмов. Основой для приготовления МПА являлась мясная вода, к которой прибавляли 1% порошкообразного пептона и 0,5% поваренной соли и растворяли при подогревании, затем жидкость кипятили 30 минут и фильтровали через 3-4 слоя фильтровальной бумаги. В полученную смесь добавляли размельченный и промытый агар, подогревая до полного растворения последнего, затем стерилизовали в автоклаве при  $t^{\circ}=120^{\circ}\text{C}$  в течение 20-30 минут. Желточно-солевой агар (ЖСА) – селективная дифференциально-диагностическая плотная питательная среда, предназначенная для выделения стафилококков. Для ее приготовления готовят впрок МПА с содержанием 10% хлорида натрия. Перед употреблением расплавляли, охлаждали до  $45^{\circ}\text{C}$  и добавляли 20% по объему стерильной желточной взвеси. Среду быстро помешивали, разливали в стерильные чашки.

Забор смывов осуществляли стерильными ватными тампонами в 10 точках каждой соляной поверхности (стена, экран) с помощью стерильных трафаретов размером 10\*10 см, помещали в транспортную среду (мясо-пептонный бульон) и инкубировали в термостате в течение суток при температуре  $37^{\circ}\text{C}$  [106]. Затем производили пересев всех проб на плотные питательные среды: ЖСА – для выявления микроорганизмов рода *Staphylococcus*, среду Эндо – для микроорганизмов кишечной группы, среду Сабуро – для обнаружения грибков. Из выросших культур изготавливали и окрашивали по методу Грама мазки с последующей микроскопией. Подозрительные культуры идентифицировали в соответствии с нормативными документами [60]. Всего проведено 80 исследований.

Среда Эндо – дифференциально-диагностическая среда, предназначенная для выделения энтеробактерий, состоящая из мясо-пептонного агара, лактозы,

фуксина, сульфита, гидрофосфата и карбоната натрия. В горячем виде среда имеет бледно-розовый цвет, а при застывании становится бесцветной. Среду готовят в день ее использования.

Среда Сабуро – селективная плотная питательная среда для выращивания патогенных грибов, дрожжей, ацидофильных бактерий, а также для длительного хранения их культур. При приготовлении среды 18 г агара помещают в 1 л дистиллированной воды и дают ему набухать в течение 30 минут, нагревают, помешивая, пока не растворится весь агар. Затем добавляют 10 г пептона и 40 г глюкозы или мальтозы. Стерилизуют в течении 15 минут при  $t^{\circ}=115^{\circ}\text{C}$ .

В лабораторных условиях изучали воздействие природного минерала сильвинита на ростовые показатели бактериальных культур. Серия микробиологических экспериментов была проведена с использованием оригинальной модели из калийных солей, представляющей собой эксикатор, заполненный кусковым сильвинитом и сильвинитовой крошкой (моделирование внутренней среды соляного сооружения). В качестве объекта исследования выбрали культуру *S.aureus* – санитарно-показательный микроорганизм, наиболее часто встречающийся в воздушной среде лечебно-профилактических организаций. Использованы музейные штаммы: *S.aureus* (номер штамма ГКПМ 201188, № 906) и *E.coli* М-17. Кроме стандартных музейных штаммов *S.aureus* и *E.coli*, включали в эксперимент и клинические изоляты микробных культур (*S.aureus*, *E. coli*, *Kl. pneumonie*, *B. subtilis*, *Str. pyogenes*).

В процессе эксперимента две чашки с кровяным агаром одновременно засеивали равными количествами суточной культуры микроорганизма (не более 18-20 КОЕ на чашку). По данным классических микробиологических практикумов, такая плотность посева позволяет исключить взаимное влияние колоний. Для ее получения вначале проводили традиционные посеы шпателем разведений, содержащих необходимое количество КОЕ. Однако в силу статистической вероятности некоторые колонии оказывались рядом, искажая результаты эксперимента. В связи с этим для посева стали использовать тончайшую нихромовую нить, вставленную в петледержатель. Готовили взвесь

культуры необходимого разведения и наносили на среду, прикасаясь торцом нити к поверхности. Дополнительно был создан трафарет, позволяющий наносить колонии равноудаленно друг от друга.

Одну из подготовленных чашек Петри (опытная) располагали внутри сильвинитовой модели и помещали в термостат. Вместе с опытной вторую (контрольную) чашку размещали в том же термостате вне эксикатора, что обеспечивало равные условия инкубации образцов. После инкубации в течение 24 часов с помощью микроскопа МБС-10 (фирма ЛОМО, Санкт-Петербург, Россия) с окуляр-микрометром (увеличение 8\*) проводили количественную оценку культуральных характеристик: измеряли диаметр колоний и зон гемолиза вокруг них. Стереоскопический микроскоп МБС-10 предназначен для наблюдения как объемных объектов, так и пленочных и прозрачных объектов, а также препаровальных работ, при искусственном и естественном освещении в отраженном и проходящем свете. Изображение предмета формируется за счет последовательного прохождения лучей через головной объектив, парные галилеевы системы, тубусные линзы и призмы Шмидта, находящиеся в бинокулярной насадке. Использованный в эксперименте кровяной агар – специальная плотная питательная среда, служащая для выделения некоторых видов микроорганизмов и определения их гемолитической активности. Для ее приготовления в расплавленный стерильный МПА, охлажденный до 45°C, добавляли цитратную донорскую кровь человека. Готовую среду разливали в стерильные чашки Петри, давали ей застыть и подсушивали в термостате. Всего получены 620 пар показателей в опытной и 604 пары – в контрольной выборках.

Влияние природного сильвинита на выживаемость бактериальных культур изучали при прямом контакте. Для этого взвесы суточных культур *S.aureus* (номер штамма ГКПМ 201188, № 906) и *E.coli* (М-17) наносили на поверхность минерала. После инкубации в течение 15 минут производили посев смывов на чашки Петри с питательной средой (кровяной агар), после чего помещали в термостат. Контрольные чашки засеивали аналогичной суточной культурой микроорганизмов, не подвергавшейся воздействию минерала. После инкубации в

течение суток проводили замер и сравнение диаметра выросших колоний и зон гемолиза при его наличии вокруг них. Общее количество исследований – 72.

Все полученные данные оценивали по СанПиН 2.1.3.2630 – 10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

## 2.4 Математические методы

Для подсчета содержания минерала сильвина в соляных конструкциях был использован метод определения площади неправильных геометрических фигур путем наложения палетки (т.н. механический способ) [50]. Использовали прозрачную пластину, на которую нанесена масштабная квадратная сетка с размером каждой ячейки – 1 см<sup>2</sup>. Сетку накладывали на соляную поверхность, затем вручную определяли количество ячеек, покрывающих сильвин (красная часть сильвинита). Сначала подсчитывали число квадратов, полностью укладываемых в данной фигуре, затем подсчитывали число квадратов, пересекаемых контуром фигуры. Находили их общую площадь в квадратных сантиметрах, а также долю от общей площади сильвинитовой поверхности. Аналогично проводили подсчет содержания доли галита (белая часть сильвинита) в изучаемых поверхностях.

Для подсчета содержания и процентного соотношения минералов (сильвин, галит) в сильвините использовали собственную оригинальную разработанную и запатентованную компьютерную программу (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016612200 от 19.02.2016), реализующую задачу путем цветового анализа изображения соляной поверхности.



## 2.5 Методы статистической обработки

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием стандартных пакетов программ прикладного статистического анализа: Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA) и Statistica 6.0 (StatSoft. Inc., USA). Для оценки параметров изучаемых признаков использовали методы описательной статистики для определения моды ( $M_o$ ), медианы ( $M_e$ ) и амплитуды выборок, также рассчитывали средние арифметические величины выборок ( $M$ ), среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ). Проводили оценку на нормальность распределения признака в группах с использованием критерия Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's test).

При сравнении малых групп ( $n \leq 30$ ) проводилась проверка статистических гипотез с использованием (в зависимости от характера распределения признаков и количества наблюдений в выборке) параметрических (t-критерий Стьюдента) либо непараметрических методов (Mann-Whitney U Test) для сравнения двух независимых групп. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался 0,05, для определения величины различий между группами, когда это было возможно, сравнивались доверительные интервалы [104].

### ГЛАВА 3. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ СОВРЕМЕННОГО СИЛЬВИНИТОВОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ СОЛЕТЕРАПИИ

#### 3.1 Фоновый уровень гигиенических и микробиологических факторов внутренней среды соляного физиотерапевтического помещения

Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение (СФП) является оригинальным современным сильвинитовым сооружением. Его отличительные особенности – увеличенная площадь соляной поверхности на одного пациента, использование сильвинита с ббольшим содержанием сильвина (32-35%), а также наличие устройства для обогащения воздуха аэрозолем сильвина [73].

Основными гигиеническими факторами, влияющими на организм человека, находящегося в условиях СФП, являются – повышенный относительно естественного, но не выходящий за пределы норм радиационной безопасности радиационный фон, аэроионизация, наличие соляного аэрозоля, а также микроклимат и наличие статического электричества на соляных поверхностях.

Для внедрения в эксплуатацию нового сильвинитового физиотерапевтического помещения проводили оценку фоновых гигиенически значимых факторов внутренней среды СФП и ее микробиологического благополучия по отсутствию микробного загрязнения, санитарно-показательных микроорганизмов (*S.aureus*) и грибов рода *Candida*, являющихся общеизвестными аллергенами.

Комплекс микроклиматических факторов создает различные условия теплообмена организма с окружающей средой, воздействуя на физиологические реакции в организме человека, что проявляется в различном теплоощущении. Повышенная или пониженная температура воздуха вызывает перенапряжение

системы терморегуляции, изменение тонуса мышц и периферических сосудов. При дискомфортном микроклимате чаще возникают простудные, аллергические заболевания и расстройства центральной нервной системы (быстрая утомляемость, потеря сознания). Важным условием при проведении сеансов солетерапии является благоприятный, не оказывающий отрицательного влияния на пациента микроклимат [8, 37, 75, 115].

Пациенты, находящиеся в сильвинитовом помещении, подвергаются воздействию внешнего и внутреннего облучения. Источником внешнего дистанционного  $\gamma$ -облучения является природный минерал сильвинит, содержащий от 10,2 до 27,2% смеси изотопов хлорида калия, в том числе  $K_{40}$  – источника слабого ионизирующего  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучения. Внутреннее воздействие на пациента обеспечивается ингаляцией соляного мелкодисперсного аэрозоля [5,75]. За счет своей большой проникающей способности (как во внешней среде, так и в теле человека)  $\gamma$ -излучение имеет особое значение, способствуя активизации процессов аэроионизации. Также известно позитивное стимулирующее действие малых доз, которое проявляется на всех уровнях организации жизни от одноклеточных организмов до человека (эффект радиационного гормезиса). Однако повышение радиационного фона (сверх установленных норм) оказывает негативное влияние на организм человека, вызывая нарушения обмена веществ, развитие опухолевых процессов, инфекционные осложнения, а также малоизученные на настоящий момент отдаленные последствия (генетические мутации и др.) [48].

Наличие в воздухе сильвинитового помещения легких отрицательных аэроионов является благоприятным фактором, поскольку они имеют наиболее важное биологическое значение, реализующееся за счет электрообмена в легочной ткани и нейрорефлекторных реакций при раздражении рецепторов аэроионами. Высокие их концентрации способствуют благоприятным изменениям в газовом и минеральном обмене, ускоряют заживление ран, усиливают деятельность мерцательного эпителия слизистой оболочки респираторного

тракта. Реакция организма на действие ионизированного воздуха зависит от состояния организма пациентов и степени ионизации воздуха [16, 97, 102].

Еще одним из важных компонентов внутренней среды сооружений из сильвинита, оказывающим терапевтический эффект, является мелкодисперсный многокомпонентный соляной аэрозоль. Он образуется при срыве частиц с соляных поверхностей и при искусственном распылении измельченного минерала. Качественный состав аэрозоля определяется химическим составом сильвинита. Сильвинит представлен хлоридами калия, натрия и магния [28, 75, 76] с примесью большого количества других минералов (ангидрит, гипс, целестин, магнезит, доломит, кварц, пирит, рутил, циркон), металлов и редкоземельных элементов (Cu, Fe, Ti, Mn, Sr, Li, B, To, Rb, Ni, Co, Lt, Ba, Zn, Cr). Такой природный комплекс элементов оказывает на организм пациентов саногенное, муколитическое, бронходренажное, противовоспалительное, иммуномодулирующее действие при инфекционно-воспалительном процессе и при воздействии экзогенных поллютантов [110, 126, 127]. Местное воздействие соляного аэрозоля опосредованно улучшает общую защиту организма [85].

Накопление статического электричества на различных поверхностях способствует притягиванию к ним пыли и других загрязняющих веществ, имеющих заряд, что со временем снижает эксплуатационные свойства конструкции и может приводить к нарушениям в состоянии здоровья человека. Кроме того, длительное воздействие энергии статического электричества негативно влияет на сердечно-сосудистую и центральную нервную системы. Разряд статического электричества для человека опасности не представляет, но не стоит забывать о возможных вторичных последствиях (падение предметов, проливание жидкостей) [58].

В связи с этим важно, чтобы параметры всех факторов внутренней среды сильвинитового сооружения не выходили за пределы санитарных требований и не оказывали отрицательного влияния на организм человека.

Полученные значения гигиенических параметров и микробиологических характеристик внутренней среды изучаемого сильвинитового помещения представлены в Таблицах 1,2 и Рисунках 1 – 4.

Таблица 1 – Микроклиматические параметры внутренней среды СФП

Изучаемый показатель	Значение показателя	Норматив по СанПиН 2.1.3.2630-10
Температура воздуха, °С	23,18±0,28	20 – 27
Относительная влажность, %	44,39±1,12	40 – 60
Температура ограждающих поверхностей, °С	22,10±0,35	Н/Н
Скорость движения воздуха, м/с	0,14±0,01	0,1 – 0,2

Микроклимат в обследуемом СФП определяли в течение 17 дней (длительность курса сильвинитотерапии, рекомендованная для данного помещения). За исследуемый период температура составляла 23,18±0,28°С, относительная влажность – 44,39±1,12%, температура ограждающих поверхностей – 22,10±0,35°С, скорость движения воздуха – 0,14±0,01м/с (Таблица 1). Параметры микроклимата соответствовали требованиям санитарных норм и позволяли отнести его к категории «допустимый». Температура и влажность воздуха в СФП не будут приводить к перенапряжению системы терморегуляции, а установленная скорость движения воздуха будет способствовать перемещению воздушных масс, не допуская их застоя в помещении.

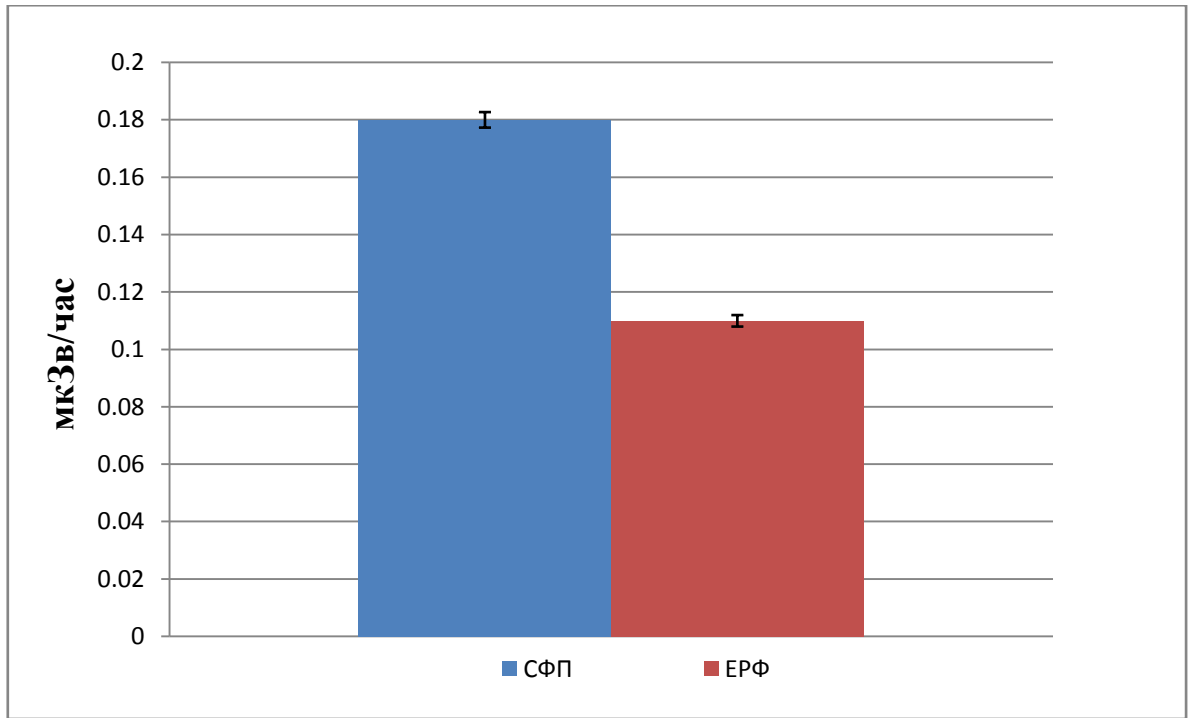


Рисунок 1 – Радиационный фон в СФП

Уровень радиационного фона (Рисунок 1) составлял  $0,18 \pm 0,0027$  мкЗв/ч, превышая естественный радиационный фон территории (г. Пермь –  $0,1 \pm 0,001$  мкЗв/ч), где располагается сильвинитовое помещение, но не выходя за пределы норм радиационной безопасности ( $0,2$  мкЗв/час). Радиационный фон в СФП не оказывал негативного влияния на здоровье пациентов и способствовал активизации процессов аэроионизации воздуха.

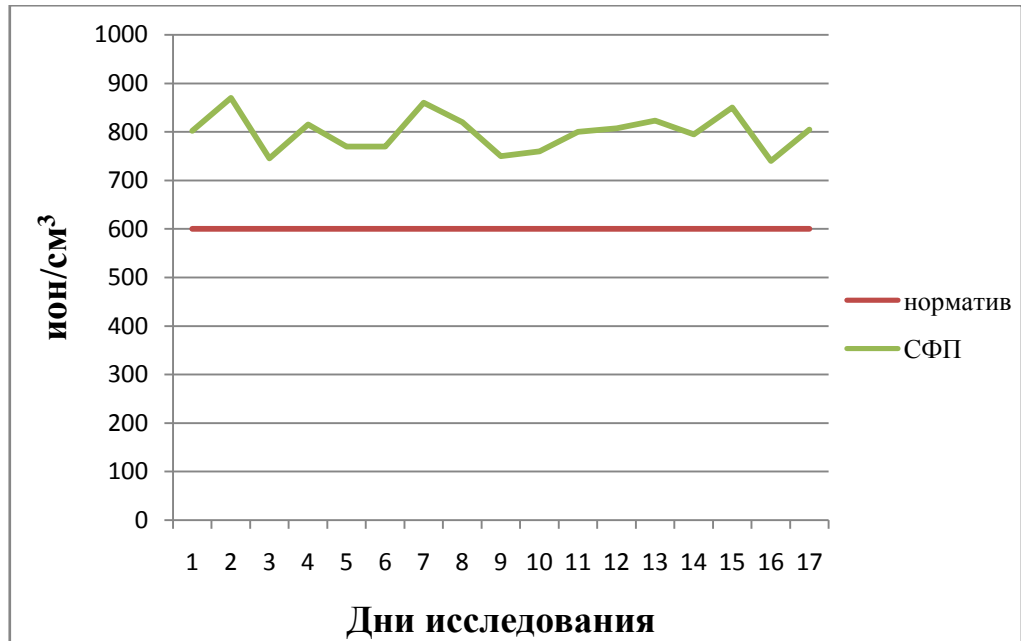


Рисунок 2 – Концентрация ЛОН в СФП



Рисунок 3 – Концентрация ЛПА в СФП

Концентрация легких отрицательных аэроионов составляла  $802,33 \pm 62,69$  ион/см<sup>3</sup>, легких положительных –  $509,33 \pm 37,17$  ион/см<sup>3</sup>, находясь на терапевтически значимых уровнях, способных оказывать позитивное влияние на здоровье пациентов (Рисунок 2, 3). Расчетный коэффициент униполярности не

превышал единицу ( $0,63 \pm 0,001$ ), что указывало на благоприятную аэроионизационную обстановку, оптимальное соотношение отрицательно и положительно заряженных частиц, а также на санитарное благополучие помещения.

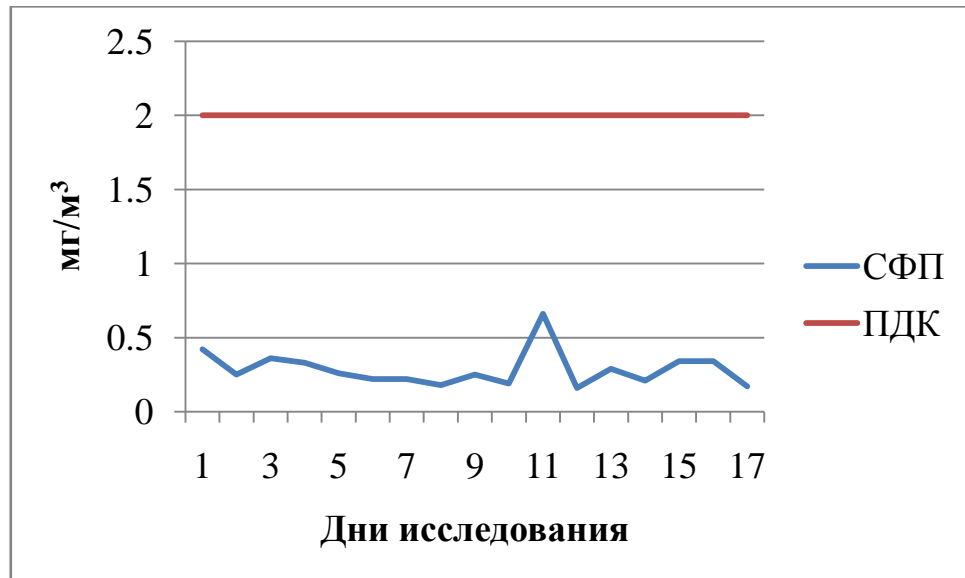


Рисунок 4 – Концентрация соляного многокомпонентного мелкодисперсного аэрозоля в СФП

Содержание соляного мелкодисперсного аэрозоля (Рисунок 4) в воздухе СФП находилось на уровне  $0,23 \pm 0,10$  мг/м<sup>3</sup>, что соответствовало значению, способному оказывать позитивное воздействие на организм человека. При этом концентрация соляного аэрозоля не выходила за пределы допустимых значений.

Напряженность электростатического поля на поверхностях соляных панелей регистрировалась в диапазоне от 0,061 до 0,780 кВ/м, при среднем значении  $0,325 \pm 0,130$  кВ/м. Данные показатели соответствовали существующим гигиеническим нормативам.



Таблица 2 – Микробиологические параметры внутренней среды СФП

Изучаемый показатель	Значение	Норма
Общее микробное число, КОЕ/м <sup>3</sup>	176–404	не более 500
Золотистый стафилококк, КОЕ/м <sup>3</sup>	–	Отсутствие
Грибы рода <i>Candida</i> , КОЕ/м <sup>3</sup>	–	Отсутствие

При оценке микробиологических показателей воздуха установлено (Таблица 2): уровень ОМЧ был в пределах от 176 КОЕ/м<sup>3</sup> до 404 КОЕ/м<sup>3</sup> во всех пробах, не превышая допустимых значений; рост стафилококков с лецитиназной активностью ни в одном из посевов на ЖСА не выявлен.

Анализ смывов с соляных поверхностей СФП показал наличие роста в виде поверхностной пленки в 28 пробах из 40. После пересева всех образцов на плотные питательные среды и их инкубации в течении суток отмечался рост на среде ЖСА – 30 образцов, на среде Сабуро – 6 образцов, на среде Эндо – 2 образца. При микроскопии 6 мазков, изготовленных из колоний, выросших на среде Сабуро, обнаружены мелкие дрожжевые клетки, являющиеся элементами допустимой микрофлоры воздуха. Дрожжеподобные грибы рода *Candida* не выявлены.

В остальных 32 мазках, изготовленных из колоний со сред ЖСА и Эндо, определялись грамположительные крупные кокки, грамположительные спорообразующие палочки, грамположительные диплококки и тетракокки. Посев подозрительных образцов проводили на кровяной агар с последующей идентификацией чистой культуры. Микроорганизмы были представлены сарцинами и спорообразующими палочками (стрептобациллы), также относящимися к нормальной микрофлоре воздуха закрытых помещений.

Микробиологические исследования выявили бактериальную чистоту подтвердили безопасность воздуха помещения и ограждений СФП.

Микроорганизмы, обнаруженные в незначительных количествах, являлись представителями банальной микрофлоры воздуха закрытых помещений. Значительная степень бактериальной чистоты помещения может объясняться новизной сооружения.

Таким образом, гигиеническая оценка показателей внутренней среды СФП выявила формирование в нем особой биопозитивной внутренней среды с комплексом физических факторов, соответствующих современным санитарным требованиям, которая может оказывать благоприятное воздействие на организм человека.

### **3.2 Разработка способа определения количества минерала сильвина в ограждениях соляных сооружений различных модификаций**

Основным компонентом, воздействующим на пациентов в соляных сооружениях и обеспечивающим лечебный эффект, является минерал сильвин, который вместе с галитом входит в состав природного сильвинита. Эффективность терапевтического воздействия на пациентов прямо коррелирует с площадью поверхности сильвина в данных сооружениях [18, 90, 114]. Именно сильвин, вследствие содержания в нем радиоактивного элемента  $K_{40}$ , определяет наличие повышенного (относительно природного) радиационного фона; является источником мягкого  $\gamma$ -излучения, активизирующего процессы аэроионизации; обеспечивает наличие и определенный состав многокомпонентного соляного аэрозоля в воздушной среде сооружений из природного минерала сильвинита. Следовательно, уже при проектировании и строительстве новых соляных сооружений (на этапе подбора солематериалов) важно знать содержание сильвина в поверхностях для прогнозирования интенсивности факторов внутренней среды.

В настоящее время для определения процентного соотношения сильвина и галита в минерале сильвините используют только метод наложения сетки или

палетки (известен как один из методов определения площади неправильных геометрических фигур) с минимальным делением  $1 \text{ см}^2$ , выполненной на прозрачной основе [50]. Метод заключается в подсчете ячеек, покрывающих красные участки минерала, с дальнейшим определением процентного содержания сильвина на поверхности конструкций. На практике эта процедура трудоемка и длительна по времени выполнения, поскольку необходимо вручную обрабатывать каждую соляную поверхность, что особенно затруднительно в соляных микроклиматических палатах, целиком изготовленных из соляных материалов. Кроме того, используемый метод не учитывает мельчайшие вкрапления минерала сильвина, так как наименьшее деление сетки составляет квадратный сантиметр, а участки проявления сильвина на поверхности могут иметь меньшую площадь, что позволяет получить лишь ориентировочные данные о качественном составе сильвинитовых поверхностей. В связи с этим нами предложен принципиально новый подход для определения состава сильвинита, основанный на применении специально разработанного программного обеспечения.

Определение процентного соотношения сильвина и галита реализуется с помощью цветового анализа специальной компьютерной программой цифрового изображения сильвинитовой поверхности. Для работы программы необходим цифровой снимок экрана. Поскольку соляные конструкции могут иметь различные формы (квадратную, прямоугольную, трапециевидную и другие), для обработки изображения предварительно требуется обрезать фотографию (в любом графическом редакторе, например, в программе Adobe Photoshop) и оставить на цифровом снимке изображение только сильвинитовой поверхности. Вырезанную часть необходимо заменить на чисто белый цвет, чтобы в дальнейшем исключить ее из обработки (Рисунок 5).

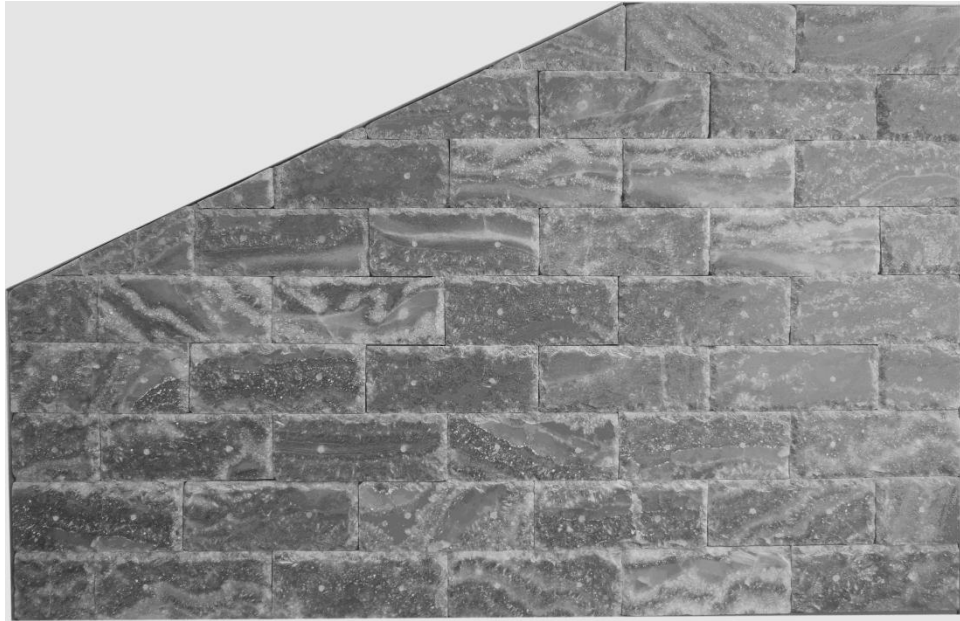


Рисунок 5 – Цифровое изображение соляного экрана, обработанного программой Adobe Photoshop

Предложенная нами программа определения процентного соотношения минералов, написанная на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010 (Приложение А), последовательно попиксельно обрабатывает снимок экрана и, в зависимости от цвета пикселя, относит его либо к группе белых солей (галит), либо к группе красных солей (сильвин).

Цвет пикселя по аддитивной цветовой модели (она же – таблица цветов Red-Green-Blue) состоит из трех компонент: зеленого, синего и красного. Пиксель относится к группе красных солей, если компонента красного цвета преобладает над компонентами зеленого и синего цветов больше, чем на 20 единиц и все компоненты цвета, т.е. синяя, зеленая и красная превышают 100 единиц (Рисунок 6). Если все компоненты цвета меньше 100 единиц, то цвет близок к серому или черному, и программой не учитывается (Рисунок 7). Данные значения были выбраны в соответствии с аддитивной моделью RGB.

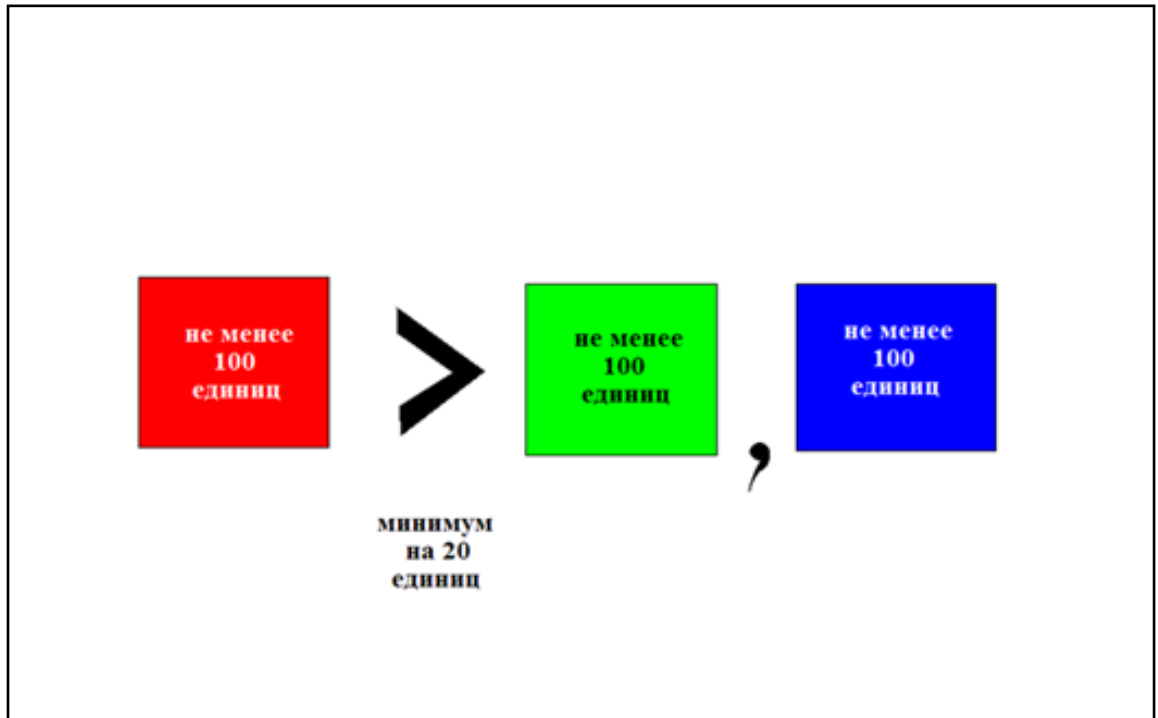


Рисунок 6 – Соотношение компонент в пикселе  
красного цвета

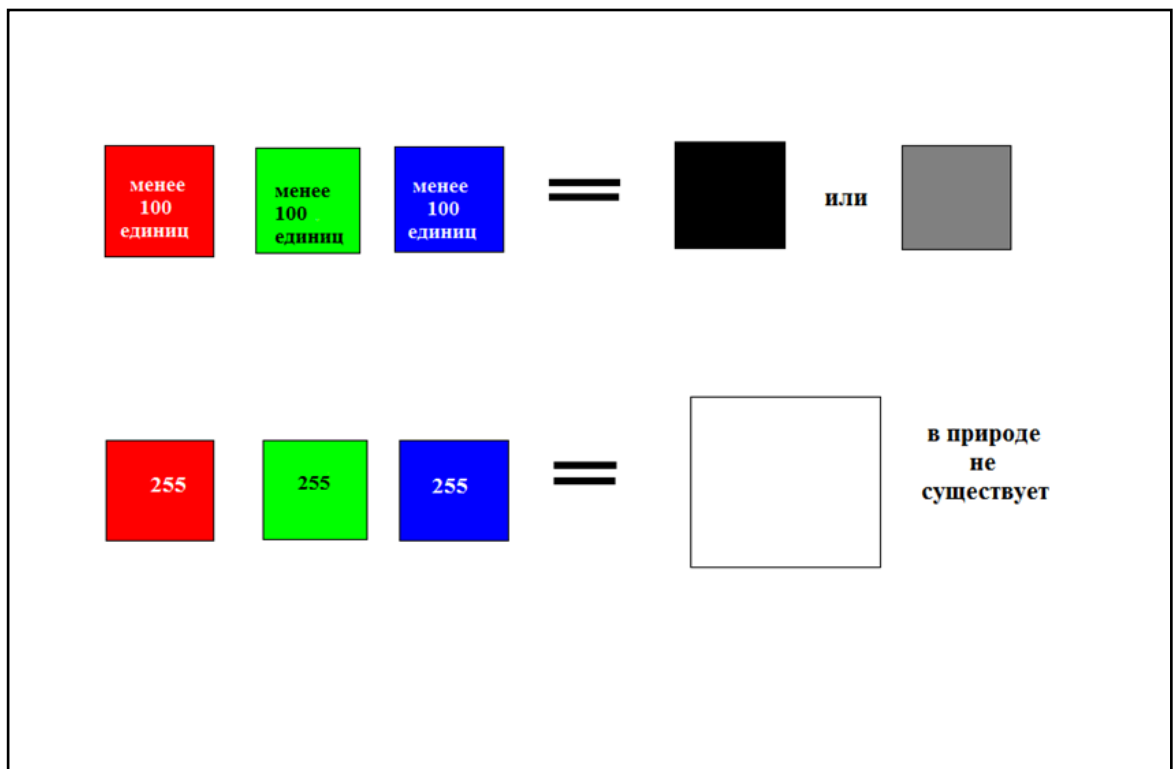


Рисунок 7 – Соотношение компонент в пикселях  
черного и белого цвета

Пиксель, не относящийся к красной группе, автоматически вносится программой в группу галита. Однако, в связи с тем, что фотография была заранее обработана, и вырезанные участки заменяли на белый цвет, пиксели с компонентами (255, 255, 255) исключали, так как в природе не существует чисто белого цвета (Рисунок 7). Далее программа проводила расчет процентного содержания сильвина в сильвините.

Оценивали содержания природного минерала сильвина осуществлялась двумя способами: с использованием метода наложения сетки и с помощью компьютерной программы. Исследования проводили в соляном физиотерапевтическом помещении площадью 23 м<sup>2</sup>, оборудованном четырьмя соляными панелями из природного сильвинита, общим размером 9 м<sup>2</sup> (Рисунок 8). Для понимания необходимого уровня информативности снимков при выработке рекомендаций по применению программы другими специалистами использованы цифровые снимки одних и тех же сильвинитовых поверхностей, сделанные с помощью камер с разной разрешающей способностью (8 Мп и 12 Мп).



Рисунок 8 – Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение

Поскольку соляные поверхности в СФП представлены 4 отдельными панелями (2 квадратных и 2 трапециевидных), содержание сильвина определяли для каждой панели отдельно, затем общее для правых и левых экранов, и лишь затем общее по всем 4 поверхностям. Это делалось для того, чтобы исключить искажение результатов, так как каждая панель имеет деревянную раму красно-коричневого цвета, которая могла бы быть ошибочно отнесена в группу красных солей.

На Рисунке 9 представлено процентное содержание сильвина, полученное с помощью анализа цифровых изображений камеры с разрешающей способностью 8, 12 мегапикселей и по методу наложения сетки.

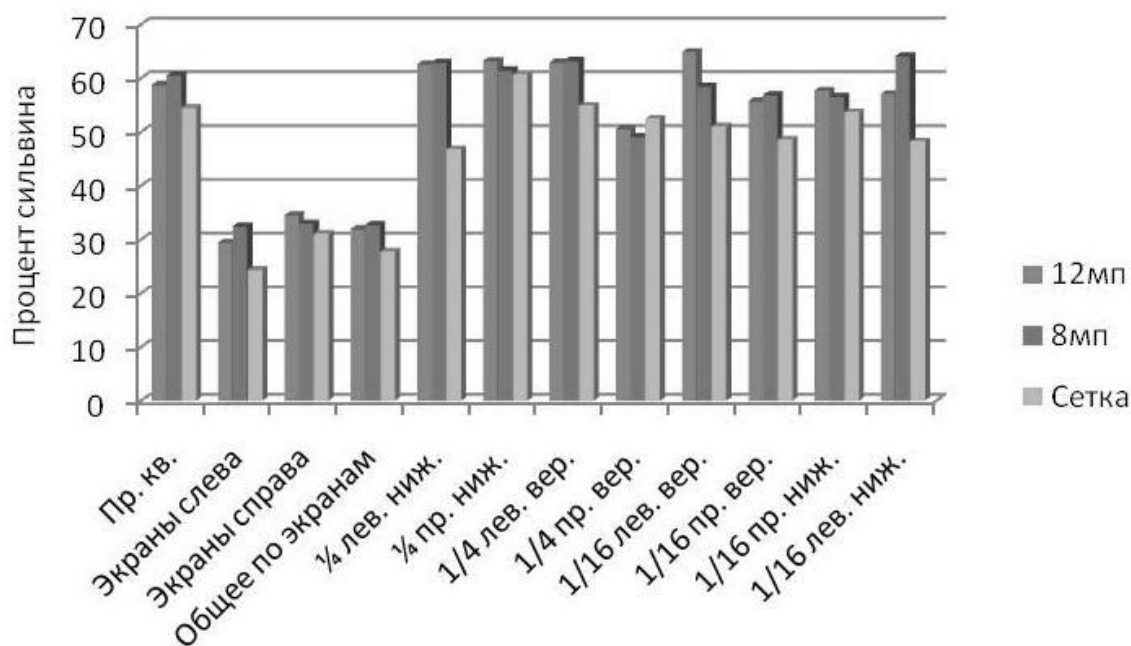


Рисунок 9 – Содержание минерала сильвина в соляных поверхностях, %.

Результаты измерений по методу наложения сетки и полученные компьютерной программой имели незначительное отличие, при этом сохранялась тенденция по количеству сильвина, свидетельствуя о правильности примененного метода, позволяющего учесть даже мельчайшие вкрапления сильвина в сильвинитовых экранах.

Содержание соляных минералов в сильвинитовых поверхностях, полученное при анализе снимков разного качества, сделанных камерами с разной разрешающей способностью представлено в Таблице 3.

Таблица 3 – Содержание сильвина и галита в соляных панелях СФП, %

Объект	Разрешение фотокамеры, мегапиксели			
	12 Мп		8 Мп	
	Сильвин	Галит	Сильвин	Галит
Панели слева	29,51	70,49	32,53	67,47
Панели справа	34,57	65,43	33,03	66,97
Средний показатель	32,02	67,98	32,78	67,22

Как следует из Таблицы 3, существует незначительная зависимость процентного соотношения минералов от разрешающей способности фотокамеры. Высокое качество цифрового изображения позволяет получить более точные данные.

Также была изучена сходимости метода, которая отражает близость друг к другу результатов измерений, выполненных в одинаковых условиях, т.е. близость получаемого численного решения задачи к истинному. Оценка сходимости осуществлялась путем сопоставления процентного содержания сильвина, полученного по снимку одной целой квадратной сильвинитовой поверхности и по фотоснимкам каждой четверти данной поверхности при условном делении на четыре равные части (Таблица 4).



Таблица 4 – Содержание минерала сильвина при сравнительном анализе разных частей снимка, %

Часть снимка	при цифровом разрешении 12 Мп	при цифровом разрешении 8 Мп	По методу наложения сетки
¼ левая нижняя	59,9	59,22	54,5
¼ правая нижняя			
¼ левая верхняя			
¼ правая верхняя			
Квадратная панель целиком	58,86	60,62	

Расхождения между процентным содержанием сильвина по четырем снимкам равных частей и в целом по снимку составили 1%, с методом наложения сетки – 5%. Полученные данные свидетельствовали о высоком качестве анализа цифрового изображения экрана с помощью разработанной компьютерной программы.

Таким образом, разработанный метод подсчета содержания природного минерала сильвина в физиотерапевтических сооружениях из калийных солей является менее затратным по времени выполнения и более точным в сравнении с методом наложения сетки. Определение площади сильвина с помощью программного обеспечения помогает прогнозировать терапевтическую эффективность соляных сооружений на стадии проектирования, при выборе материала. Метод позволяет провести отбор образцов соляной породы (пластины, кусочки минерала), основываясь на анализе их снимков. Это особенно важно при необходимости создать сооружение с заданными свойствами и определенной терапевтической эффективностью. Предложенный метод может успешно применяться для оценки лечебных свойств эксплуатируемых сооружений из

природных калийных солей, позволяя отнести то или иное сооружение к определенной группе по предполагаемой эффективности (интенсивности факторов внутренней среды).

### **3.3 Обоснование интегрального критерия оценки интенсивности комплекса факторов внутренней среды соляных сооружений**

Различные модификации сооружений, изготовленных из природных калийных солей, в настоящее время широко используются в практической медицине. Наличие спроса на такие устройства в условиях рыночной экономики при отсутствии регламентирующей документации закономерно ведет к появлению новых конструкций и модификаций сильвинитовых устройств. Постоянно увеличивающееся многообразие активно функционирующих объектов, выполненных из сильвинита, отличающихся размерами, формой и особенностями конструкций неизбежно обуславливает различия в формировании физических факторов внутренней среды данных устройств. В свою очередь, это может приводить к формированию различий в спектре и интенсивности физиотерапевтического влияния на организм пациентов.

Активное использование сильвинитовых сооружений в лечении и профилактике различных заболеваний, диктует необходимость поиска объективных критериев контроля интенсивности основных физических параметров в данных устройствах. Это необходимо как для надзора за действующими сооружениями, так и для прогнозирования уровня лечебных факторов в строящихся соляных устройствах, начиная с этапа проектирования.

Основной терапевтический эффект на организм пациентов в условиях соляных сооружений оказывает комплекс гигиенических факторов, среди которых главными являются природная аэроионизация и соляной аэрозоль конденсации. Интенсивность воздействия лечебных факторов в значительной

степени зависит от качественного состава сильвинита и его содержания в устройствах. Наиболее важным с точки зрения терапевтического воздействия является такой компонент сильвинита, как сильвин. Именно этот минерал является продуцентом аэрозольного и аэроионного лечебных компонентов. В то же время вследствие сложной структуры минерала сильвинита отсутствуют методики надежной достоверной оценки содержания сильвина в рабочих соляных поверхностях.

В целях разработки гигиенического интегрального критерия оценки интенсивности основных факторов внутренней среды сооружений из природных калийных солей для последующего осуществления санитарного контроля был проведен расчет содержания основной активной составляющей минерала сильвинита в исследуемых сооружениях специально разработанным программным методом; определен исходный уровень гигиенических параметров внутренней среды сильвинитовых сооружений различных модификаций; выявлена зависимость интенсивности основных лечебных факторов соляных устройств от площади природного сильвина в ограждениях.

В качестве объектов для определения интегрального критерия оценки были выбраны соляное сильвинитовое устройство (ССУ), сильвинитовое физиотерапевтическое помещение (СФП) и галокамера, расположенные в одной климатической зоне и сопоставимые по площади, объему, системе и режиму вентиляции. Оценивали основные гигиенические параметры внутренней среды данных объектов трехкратно в течение дня на протяжении месяца.

Содержание минерала сильвина в сильвините подсчитывали с помощью специально разработанной нами компьютерной программы для анализа цифрового снимка соляной поверхности сооружений, написанной на языке С# в среде Microsoft Visual Studio 2010 и попиксельно обрабатывающей изображение с последующим расчетом процентного содержания сильвина в сильвините.

Основные параметры, характеризующие микроклиматические характеристики внутренней среды исследуемых соляных сооружений представлены в Таблице 5.

Таблица 5 – Параметры микроклимата соляных сооружений различных типов,  $M \pm m$

Показатель	СФП	ССУ	Галокамера
Температура воздуха, °С	21,6±0,8	20,2±0,7	17,6±0,1**
Относительная влажность, %	39,2±1,5	42,3±1,8	29,2±0,2**
Температура ограждающих поверхностей, °С	18,2±0,2	17,4±0,5*	16,2±0,2**
Скорость движения воздуха, м/с	0,15±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01

\* достоверное отличие в показателях СФП и ССУ,  $p < 0,05$

\*\* достоверное отличие в показателях СФП и галокамеры,  $p < 0,05$

Исследуемое соляное сильвинитовое устройство (ССУ) представляет собой облицованную плитками природного сильвинита прикроватную поверхность стен помещения с общей площадью панелей 9 м<sup>2</sup>.

Средние показатели микроклимата за исследуемый период находились в пределах существующих санитарных требований (СанПиН 2.1.3.2630–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность») и составляли: температура воздуха – 20,2±0,7°С, относительная влажность - 42,3±1,8%, скорость движения воздуха – 0,15±0,01 м/с, температура ограждающих поверхностей – 17,4±0,5 °С (Таблица 5).

Радиационный фон (0,16±0,01 мкЗв/ч) был несколько повышен относительно естественного уровня, но не выходил за пределы требований норм радиационной безопасности, генерируя аэроионизацию воздушной среды ССУ (Рисунок 10). При оценке аэроионизационного состава воздуха выявлено, что концентрация легких отрицательных аэроионов составляла 645,7±18,6 ион/см<sup>3</sup>, легких положительных – 162,5±19,8 ион/см<sup>3</sup>, тяжелых отрицательных – 425,71±49,73 ион/см<sup>3</sup> (Рисунок 12). Расчетный коэффициент униполярности равнялся 0,25±0,02, свидетельствуя о благоприятной ионной среде.

Концентрация многокомпонентного мелкодисперсного соляного аэрозоля в ССУ была  $0,2 \pm 0,001$  мг/м<sup>3</sup> (Рисунок 11). Количественное содержание сильвина в поверхностях ССУ, определенное программным методом, составило 12,87% от общей площади соляных ограждений или  $1,16$  м<sup>2</sup>.

Исследования гигиенических параметров для выявления зависимости интенсивности основных лечебных факторов внутренней среды от площади природного сильвина в ограждениях проводили в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении (СФП), отличающемся от предыдущего объекта количественным составом калийных солей (содержание сильвина около 30%). Площадь соляной поверхности на одного пациента составляла  $3$  м<sup>2</sup>.

В результате гигиенических исследований получены следующие данные: температура воздуха –  $21,6 \pm 0,8$ °С, относительная влажность воздуха –  $39,2 \pm 1,5$ %, скорость движения воздуха –  $0,15 \pm 0,01$  м/с, температура ограждений –  $18,2 \pm 0,2$ °С (Таблица 5).

Уровень радиационного фона был  $0,19 \pm 0,01$  мкЗв/час, концентрация легких отрицательных аэроионов составляла  $802,33 \pm 62,69$  ион/см<sup>3</sup>, легких положительных –  $213,1 \pm 24,1$  ион/см<sup>3</sup>, тяжелых отрицательных –  $628,01 \pm 50,47$  ион/см<sup>3</sup> (Рисунок 10, 12). Коэффициент униполярности равнялся  $0,27 \pm 0,02$ , что характеризовало внутреннюю среду помещения как благоприятную.

Концентрация соляного мелкодисперсного многокомпонентного аэрозоля в СФП находилась на уровне  $0,3 \pm 0,001$  мг/м<sup>3</sup> (Рисунок 11). Содержание сильвина в соляных поверхностях СФП, полученное с помощью специальной компьютерной программы – 32,53% от общей площади сильвинитовых ограждений или  $2,93$  м<sup>2</sup>.

Третьим сооружением, где проводились аналогичные исследования, стала галокамера. Она представляла собой помещение, сопоставимое по площади и объему с предыдущими двумя (ССУ и СФП), отличающееся тем, что стены были покрыты чистым галитом, а сама камера дополнительно оснащена устройством для подачи галоаэрозоля. Данное устройство во время проведения исследований находилось в выключенном состоянии. В помещении имелся декоративный элемент (панель из сильвинита), размером  $1,1$  м<sup>2</sup>.

При оценке параметров микроклимата установлено (Таблица 5) температура воздуха –  $17,6 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха –  $29,2 \pm 0,2\%$ , скорость движения воздуха –  $0,15 \pm 0,01$  м/с, температура ограждающих соляных поверхностей –  $16,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

Уровень радиационного фона не превышал природного для данной местности и составлял  $0,093 \pm 0,001$  мкЗв/час, концентрация легких отрицательных аэроионов составляла  $206,8 \pm 7,5$  ион/см<sup>3</sup>, легких положительных –  $168,5 \pm 6,0$  ион/см<sup>3</sup> (Рисунок 10, 12). Коэффициент униполярности равнялся  $0,81 \pm 0,06$ , приближаясь к 1, и характеризовал внутреннюю среду помещения как благоприятную.

Концентрация соляного мелкодисперсного галитового аэрозоля в галокамере при выключенном галогенераторе находилась на уровне  $0,1 \pm 0,001$  мг/м<sup>3</sup> (Рисунок 11). Содержание сильвина в соляных поверхностях декоративного элемента галокамеры составляло 34,6% от общей площади сильвинитовой панели или  $0,44$  м<sup>2</sup> (Таблица 6).

Таблица 6 – Содержание сильвина в соляных ограждениях исследуемых соляных сооружений

Показатель	СФП	ССУ	Галокамера
Доля сильвина от площади соляной поверхности, %	32,53	12,87	34,60
Площадь сильвина, м <sup>2</sup>	2,93	1,16	0,44
Относительное содержание сильвина, м <sup>2</sup> / м <sup>2</sup> S помещения	0,13	0,05	0,02

Содержание минерала сильвина в ограждениях сооружений из калийных солей было выбрано интегральным гигиеническим показателем оценки

эффективности создаваемых условий для осуществления сильвинитотерапии (Таблица 6).

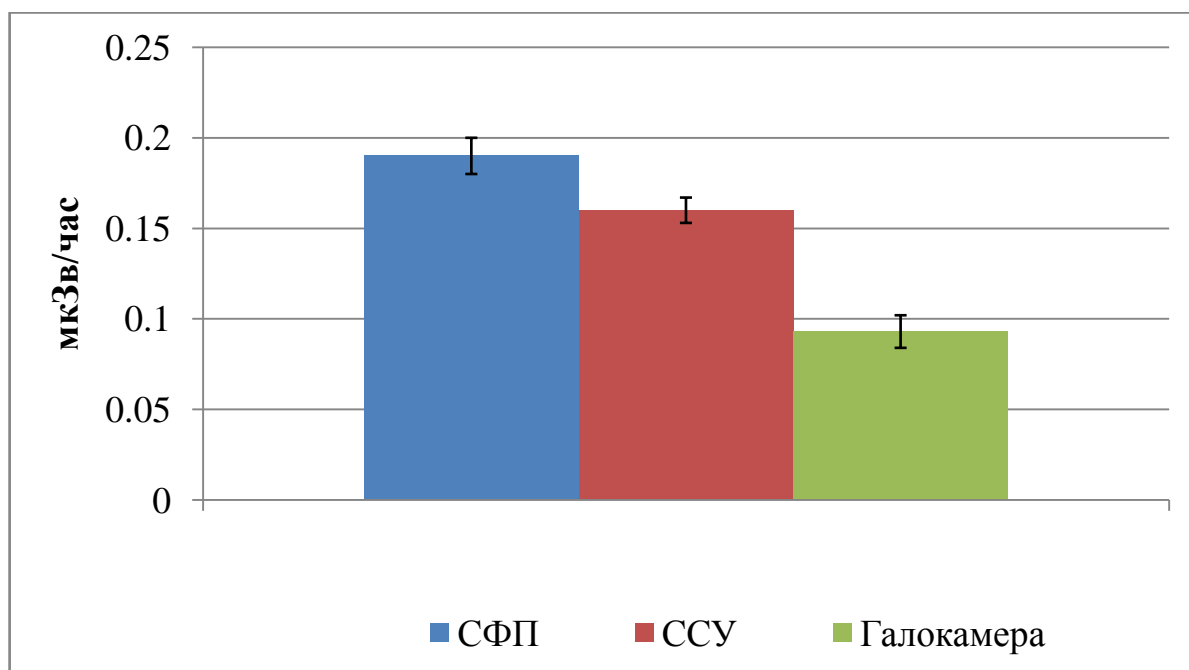


Рисунок 10 – Радиационный фон в соляных сооружениях

Установлено, что радиационный фон был выше в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении (Рисунок 10), в то время как в галокамере он не выходил за пределы ЕРФ. Радиационный фон ССУ занимал промежуточное положение, составляя 0,16 мкЗв/час.

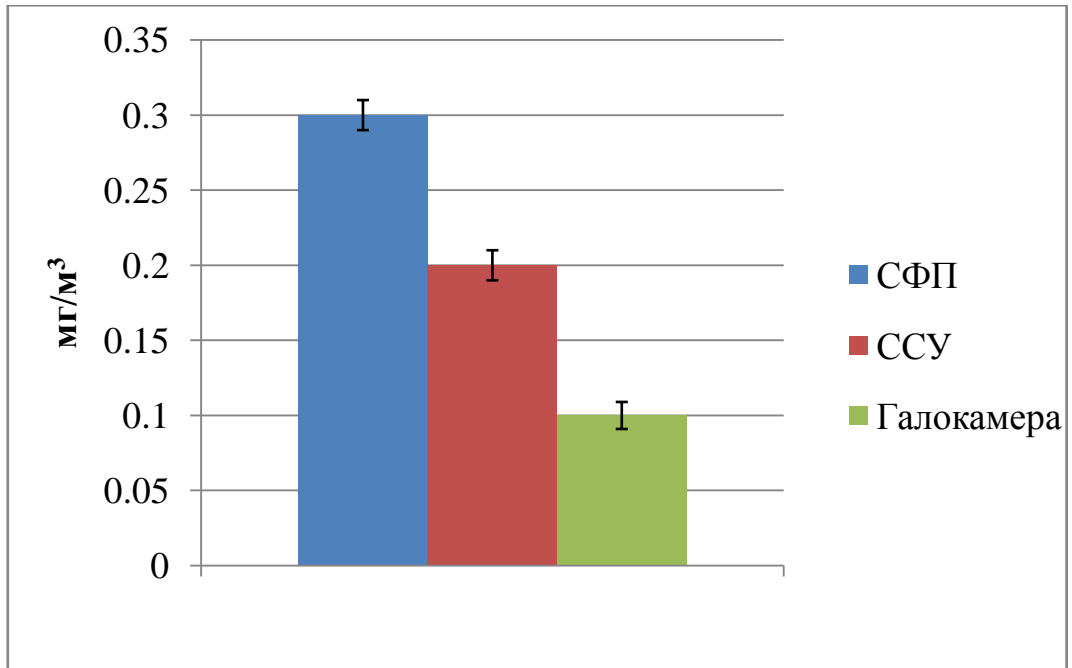


Рисунок 11 – Концентрация соляного аэрозоля  
в исследуемых помещениях

За счет срыва воздушным потоком мельчайших частиц с поверхности сильвинитовых ограждений в воздушной среде сооружений присутствует многокомпонентный мелкодисперсный соляной аэрозоль. Его химический состав определяется особенностями минерала Верхнекамского месторождения (хлориды калия, магния, натрия и микропримеси меди, железа, титана, марганца, лития, бора, никеля, кобальта, лантана, бария, цинка, хрома).

Из представленных данных (Рисунок 11) следует, что наиболее высокая концентрация соляного аэрозоля отмечалась в СФП ( $0,3 \text{ мг/м}^3$ ). В ССУ она была достоверно ниже ( $0,2 \text{ мг/м}^3$ ), в галокамере – самая низкая ( $0,1 \text{ мг/м}^3$ ).



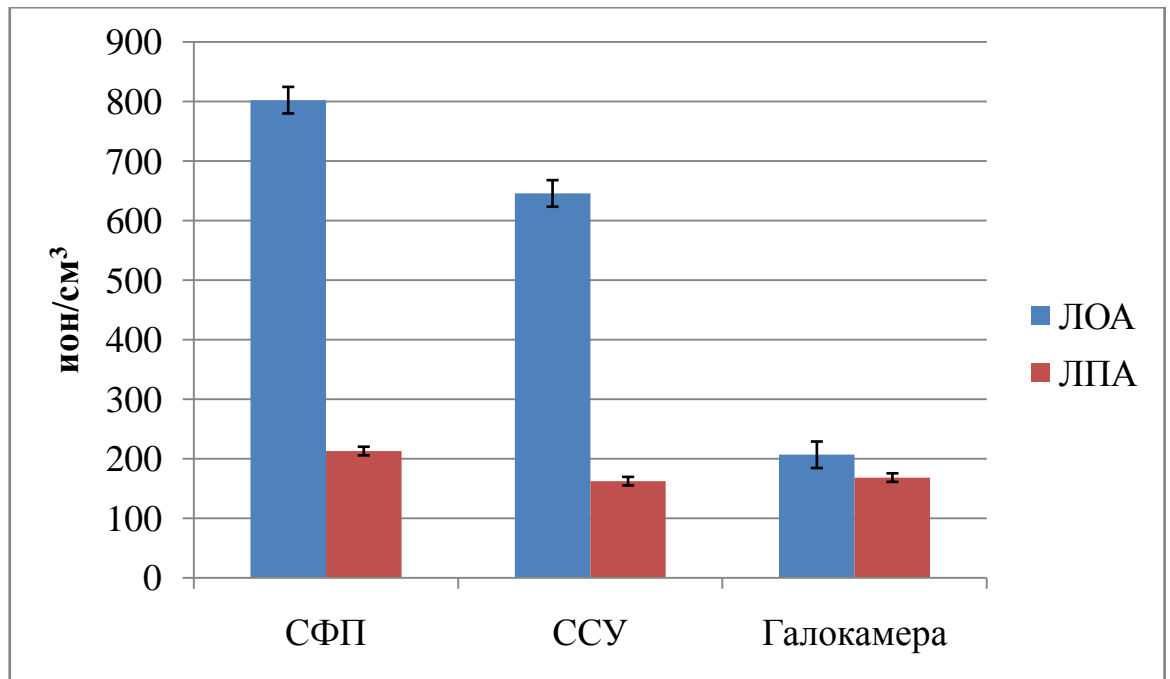


Рисунок 12 – Концентрация легких отрицательных и положительных аэроионов в соляных сооружениях

Таким образом, гигиенические исследования трех соляных физиотерапевтических сооружений с одинаковыми площадью, объемом и системой вентиляции, расположенных в одной климатической зоне, отличающихся лишь процентным содержанием минерала сильвина в соляных поверхностях, выявили соответствие основных факторов внутренней среды существующим санитарным нормам. Параметры микроклимата во всех помещениях не имели достоверных различий и находились в пределах оптимальных значений (Таблица 5).

Содержание природного минерала сильвина, определенное с помощью разработанного нами программного продукта (Таблица 6), в соляных ограждениях СФП было в 2,5 раза выше, чем в ССУ и в 7,7 выше, чем в галокамере ( $p < 0,05$ ). Радиационный фон и показатели аэроионизации в СФП также имели достоверно бóльшие значения, чем в ССУ и галокамере (Рисунок 11). Средняя концентрация легких отрицательных аэроионов в воздушной среде СФП превышала аналогичную в ССУ на 24,2%, в галокамере - на 288% (Рисунок 12).

Уровни основных, воздействующих на организм пациентов, факторов лечебной внутренней среды находились в пределах терапевтически значимых, но были достоверно выше в СФП, помещении с большим содержанием минерала сильвина в сильвинитовых ограждениях. В то время как показатели микроклимата во всех трех обследуемых помещениях не имели достоверных отличий (Таблица 5). Полученные результаты подтвердили обоснованность выбора показателя «содержание сильвина в сильвинитовых ограждениях» как интегрального.

Для унификации данного показателя и возможности его применения в сооружениях различной конфигурации, нами был введен дополнительный показатель – относительное содержание сильвина в ограждениях соляных сооружений к площади помещения. Поскольку именно от площади помещения зависит количество размещаемых пациентов. Данный показатель в СФП составил  $0,13 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^2$  площади пола, в ССУ –  $0,05 \text{ м}^2$ , в галокамере –  $0,02 \text{ м}^2$ . Установлено, что в помещениях с бóльшим относительным содержанием сильвина также регистрировались лечебные факторы внутренней среды бóльшей интенсивности (Таблица 6; Рисунок 11, 12).

Применение интегрального критерия «содержание сильвина в соляных поверхностях» позволяет прогнозировать будущую эффективность сооружений из калийных солей на этапе проектирования, выбора материала при изготовлении соляных экранов с последующим осуществлением санитарного контроля.

## **ГЛАВА 4. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИЛЬВИНИТОВЫХ УСТРОЙСТВ**

### **4.1 Изучение влияния минерала сильвинита на свойства бактериальных культур в лабораторных условиях**

Известно, что в соляных пещерах и выработках формируется внутренняя среда, для которой характерно низкое микробное загрязнение и отсутствие аллергенов. Аналогичные свойства предполагают и у наземных сильвинитовых сооружений [76]. В современной научной литературе гигиенические исследования в области сильвинитотерапии широко освещены. Однако почти отсутствуют статьи, посвященные микробиологическим исследованиям и оценке антимикробных свойств солей (а именно, природного минерала сильвинита). Неустановленным на настоящий момент остается наличие какого-либо влияния минерала сильвинита на микроорганизмы.

Большинство микроорганизмов могут существовать в средах со сравнительно невысокой концентрацией растворенных солей и обладают значительной чувствительностью к ее колебаниям. При содержании поваренной соли в среде до 3% замедляется развитие некоторых микроорганизмов, при 5%-ной концентрации полностью подавляется жизнедеятельность молочнокислых, а при 10%-ной концентрации – гнилостных бактерий [11, 96]. Однако некоторые микроорганизмы могут сохранять жизнедеятельность в условиях повышенной концентрации растворенных веществ, в том числе хлорида натрия. Коагулазоположительные стафилококки и плесени лучше переносят высокие концентрации солей, чем большинство бактерий [11, 86].

Действие высоких концентраций солей на микроорганизмы обусловлено растворенными веществами и их влиянием на активность воды в среде. Любое вещество, которое присутствует в растворителе, притягивает его молекулы и уменьшает подвижность, влияя на доступность воды для клеток микроорганизмов. Высокие концентрации веществ в среде приводят к нарушению водного обмена и гибели клеток [2, 86, 109].

Также известно, что воздействие потока легких отрицательных аэроионов подавляет рост стафилококков *in vitro* [61]. Исходя из этого, можно предположить наличие антимикробной активности у природного минерала сильвинита, реализуемой через формирование внутренней среды сильвинитовых устройств с высокой аэроионизацией. В то же время попытка оценить антимикробные свойства в клинических условиях имеет ряд заметных трудностей. Таким образом, сложились предпосылки для экспериментального подхода к изучению данного вопроса в лабораторных условиях.

Были проведены 2 серии экспериментов: оценивали влияние минерала сильвинита на ростовые показатели бактериальных культур при прямом контакте с минералом и при его опосредованном воздействии.

Для осуществления данных экспериментов выбрали 2 методических подхода к определению антимикробных свойств сильвинита: оценка выживаемости микроорганизмов на поверхности минерала и оценка комплексного воздействия сильвинитовой среды (аэроионизация + соляной аэрозоль + радиационное излучение от сильвинита) на ростовые показатели микроорганизмов.

Выживаемость микроорганизмов при прямом контакте оценивалась с использованием взвеси суточных культур *E. coli* и *S. aureus*, которые наносили на поверхность минерала сильвинита (Рисунок 13) и экспонировали в течение 15 минут, затем смыв с поверхности засеивали на кровяной агар или среде Эндо, тщательно распределяя материал для получения изолированных колоний.



Рисунок 13 – Поверхность минерала сильвинита, на которую нанесена взвесь микробной культуры

В качестве контроля использовали ту же взвесь, не контактировавшую с поверхностью минерала. Чашки Петри с питательной средой инкубировали в термостате в течение суток при температуре 37<sup>0</sup>С.



Рисунок 14 – Рост колоний золотистого стафилококка на контрольной чашке Петри

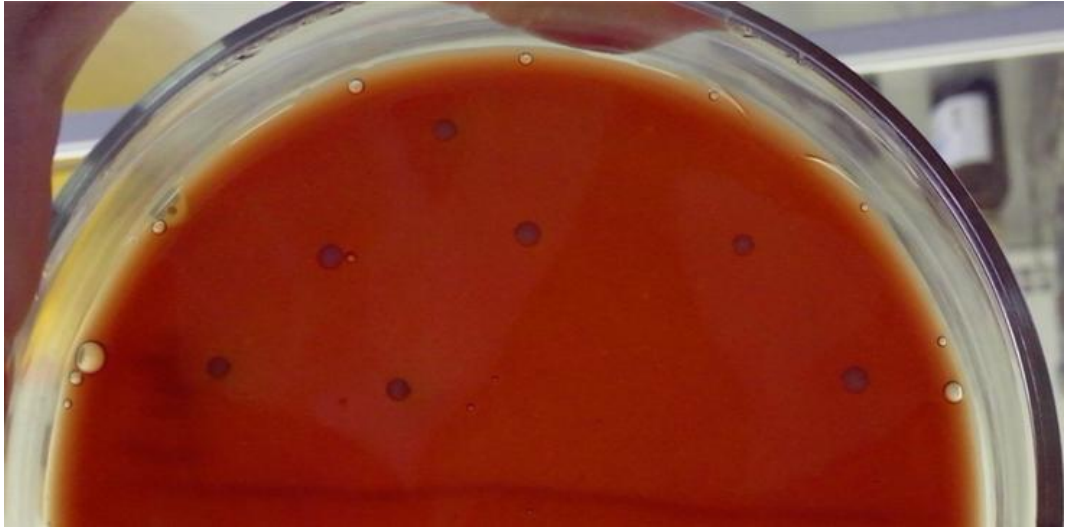


Рисунок 15 – Рост колоний золотистого стафилококка  
на опытной чашке Петри

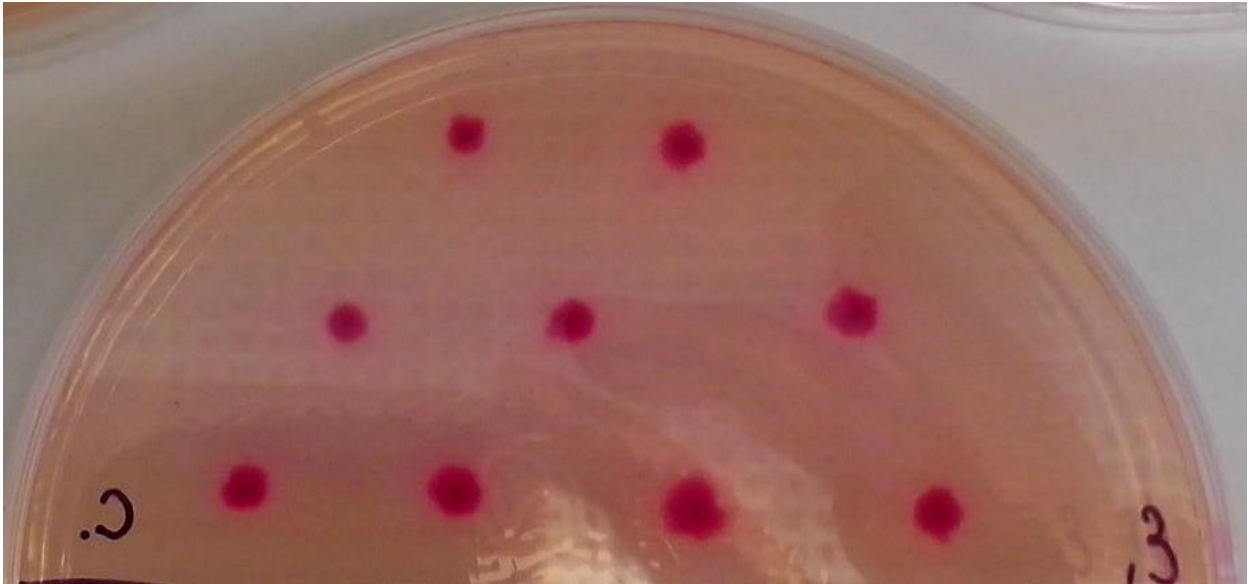


Рисунок 16 – Рост кишечной палочки  
на контрольной чашке Петри

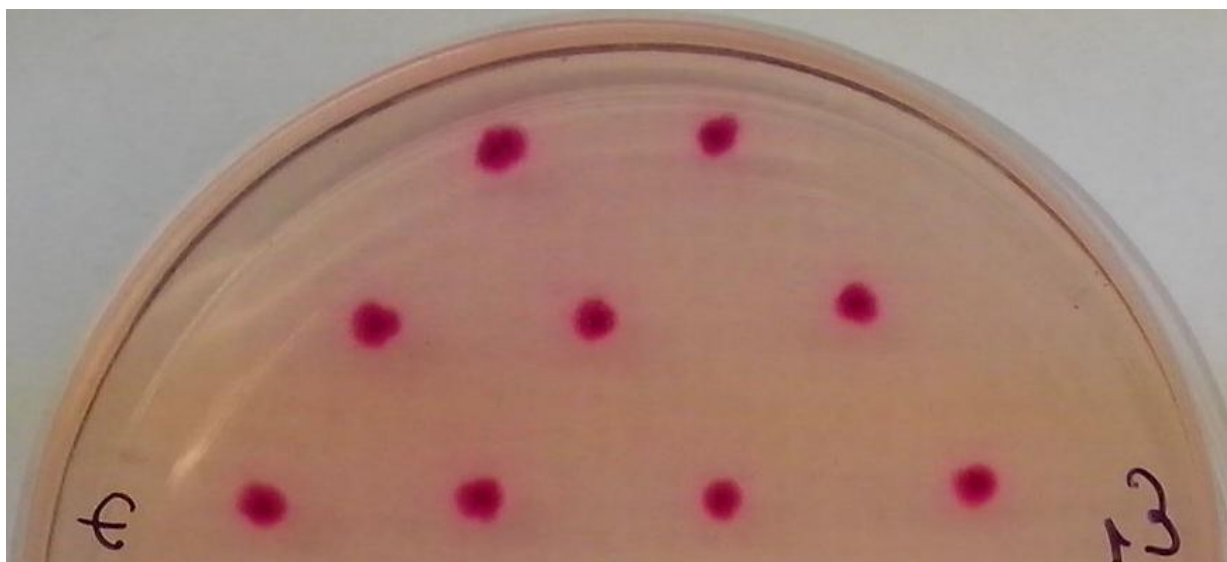


Рисунок 17 – Рост кишечной палочки  
на опытной чашке Петри

Установлено, что размер выросших колоний в опыте был меньше контроля (Рисунок 14-17). Кроме того, при равном нанесении на агар в опытных чашках количество колоний было меньше, чем в контрольных (Рисунок 14, 15).

Для оценки опосредованного влияния минерала сильвинита на микроорганизмы через формируемую внутреннюю среду использовали музейный штамм золотистого стафилококка. В процессе эксперимента одновременно две чашки с кровяным агаром засеивали равными количествами суточной культуры золотистого стафилококка (по 15-20 КОЕ на чашку). Затем одну из них (опытная) помещали внутрь модели сильвинитового сооружения и ставили в термостат. Вместе с опытной в термостате инкубировали контрольную чашку. По истечении суток проводили количественную оценку культуральных свойств: размер колоний и диаметр зон гемолиза.

При визуальной оценке эксперимента (Рисунок 18, 19) обнаружено заметное уменьшение размера колоний *S.aureus* и диаметра зон гемолиза в опытных чашках по сравнению с контрольными, свидетельствующее о значительном ингибирующем влиянии минерала сильвинита на ростовые показатели культуры *S.aureus*, и на выраженность ее гемолитической активности.



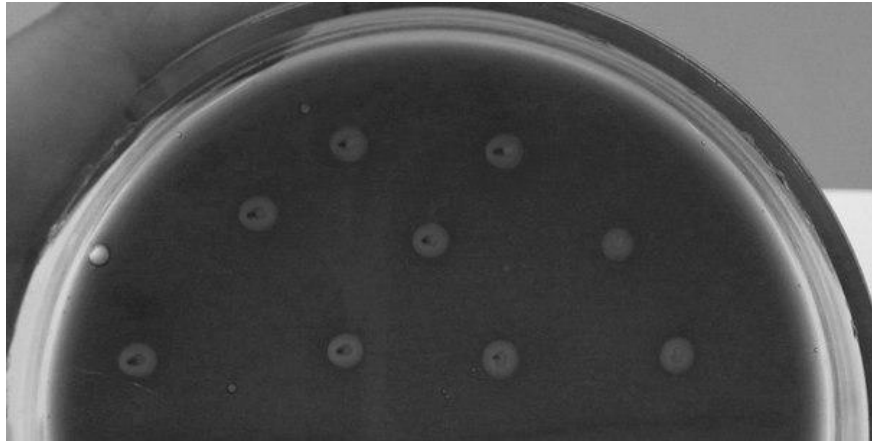


Рисунок 18 – Рост культуры *S.aureus* на кровяном агаре в сильвинитовой среде (опыт).

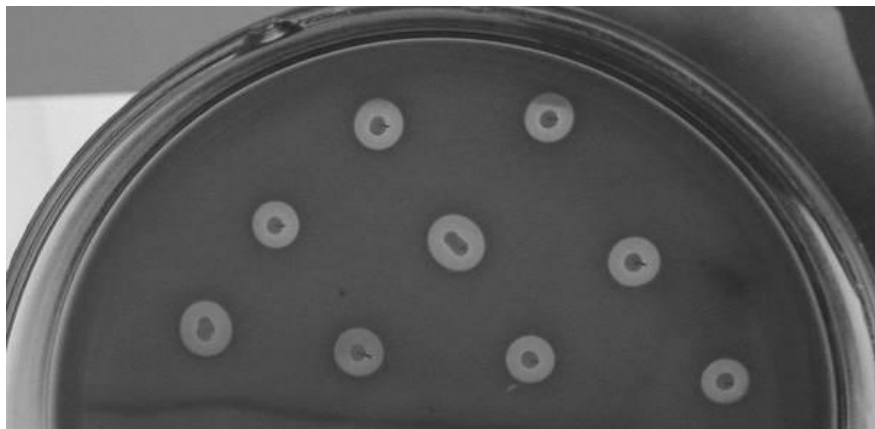


Рисунок 19 – Рост культуры *S.aureus* на чашке с кровяным агаром (контроль).

Проведенный морфометрический анализ показал статистически значимое уменьшение размера колоний, находившихся в контакте с сильвинитом, по сравнению с контрольными. Опытные колонии имели средний размер  $1,48 \pm 0,07$  мм, в то время как диаметр колоний, выросших в обычных условиях, был равен  $1,98 \pm 0,03$  мм ( $p \leq 0,01$ ). Аналогичные изменения происходили и в размерах зон гемолиза вокруг колоний *S.aureus*. В опытных чашках их диаметр составлял  $4,39 \pm 0,11$  мм, а в контрольных –  $5,72 \pm 0,21$  мм ( $p \leq 0,01$ ). Полученные



экспериментальные данные подтвердили наличие угнетающего влияния физических свойств минерала сильвинита на культуру *S.aureus* и подтверждали результаты, ранее полученные сотрудниками кафедры коммунальной гигиены ПГМУ в условиях спелеолечебницы в Верхнекамском калийном руднике [93].

При постановке данных экспериментов для опытных и контрольных культур стафилококка были созданы идентичные условия: использовали чашки Петри из одной партии с кровяным агаром равной толщины с плотностью посева 15-20 колоний на чашку, инкубировали в одном термостате одинаковое время. При данных условиях постановки эксперимента наличие статистически значимого различия опыт/контроль можно связать только с влиянием природного минерала сильвинита, в замкнутой среде которого находились опытные чашки. Более детальное изучение механизмов угнетающего влияния сильвинита на бактериальные клетки не входило в задачи настоящего исследования. Однако, можно предположить, что механизм бактериостатического влияния объясняется физико-химическими свойствами сильвинита как аэроионизирующего минерала.

#### **4.2 Обоснование применения микробиологического способа для оценки эффективности работы различных соляных устройств в процессе эксплуатации**

Все более широкое применение соляных устройств в современной медицине требует организации гигиенического контроля за сильвинитовыми устройствами с применением современных и объективных методов. В настоящее время не существует специально разработанных методических гигиенических и микробиологических подходов к оценке эффективности функционирования сильвинитовых сооружений.

Наиболее часто для оценки эффективности функционирования сооружений из сильвинита используют способ определения уровня ионизации воздушной

среды соляного сооружения с помощью счетчиков аэроионов (Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений», п. 2.4.). К основным недостаткам данного подхода можно отнести: определение выраженности только одного действующего фактора, что ведет к недостаточности учета комплексного воздействия внутренней среды сооружения; высокую стоимость и трудности в эксплуатации аппаратуры для оценки концентрации аэроионов.

Поскольку предыдущими исследованиями было доказано наличие антибактериального эффекта минерала сильвинита, входящего в состав соляных поверхностей в сооружениях для сильвинитотерапии, логично предположить возможность его применения для подтверждения наличия биопозитивной лечебной среды внутри сооружения. Бактериостатический эффект наступает лишь при формировании в соляных устройствах комплекса лечебных факторов достаточной интенсивности, что может быть использовано для объективизации оценки вводимых в эксплуатацию и функционирующих сооружений.

Предложенный способ направлен на комплексную оценку эффективности функционирования сильвинитовых сооружений (с учетом всех факторов внутренней лечебной среды, а именно аэроионизации, концентрации соляного мелкодисперсного аэрозоля, радиационного фона, микроклимата), и основан на регистрации бактериостатических эффектов внутренней среды сильвинитовых сооружений. Поскольку скорость роста бактериальных культур достаточно высока (18-24 часа в большинстве случаев), появляется возможность существенного сокращения времени, необходимого для оценки, отказа от сложного многофакторного наблюдения за клинической динамикой при солелечении. Кроме того, проведение бактериологических исследований позволяет существенно снизить расходы на контрольные исследования, в сравнении с клиническим подходом и гигиеническими (приборными) измерениями. Это также позволяет упростить и удешевить процесс оценки эффективности функционирования сильвинитовых сооружений.

Для достижения искомых результатов важным моментом следует считать выбор тест-штамма для микробиологических исследований. В представленных экспериментах использовали культуру золотистого стафилококка № 906 из коллекции НИИЭМ, которая считается индикаторным организмом при санитарно-гигиенических исследованиях. Для культивирования стафилококка использовали 5%-ный кровяной агар. В качестве интегрального показателя состояния микроба был избран диаметр колоний, по которому проводилась оценка влияния внутренней среды сильвинитового сооружения на тест-штамм. При этом, поскольку данный показатель может зависеть от конкуренции между колониями за трофические компоненты среды, для экспериментов следует использовать чашки Петри с плотностью посева не более 18-20 колоний при максимально равномерном их распределении по площади чашки. С этой же целью важно применение чашек со строго дозированным (т.е., сопоставимым) количеством среды в них так как возможно возникновение различий опыт/контроль по не зависящим от эксперимента причинам.

Предложенный способ основан на регистрации антимикробного влияния сооружений из сильвинита на ростовые показатели бактериальной культуры *Staphylococcus aureus* с помощью 2-х чашек Петри с кровяным агаром, предварительно засеянных данной культурой (плотность засева – 18-20 КОЕ на 1 чашку Петри).

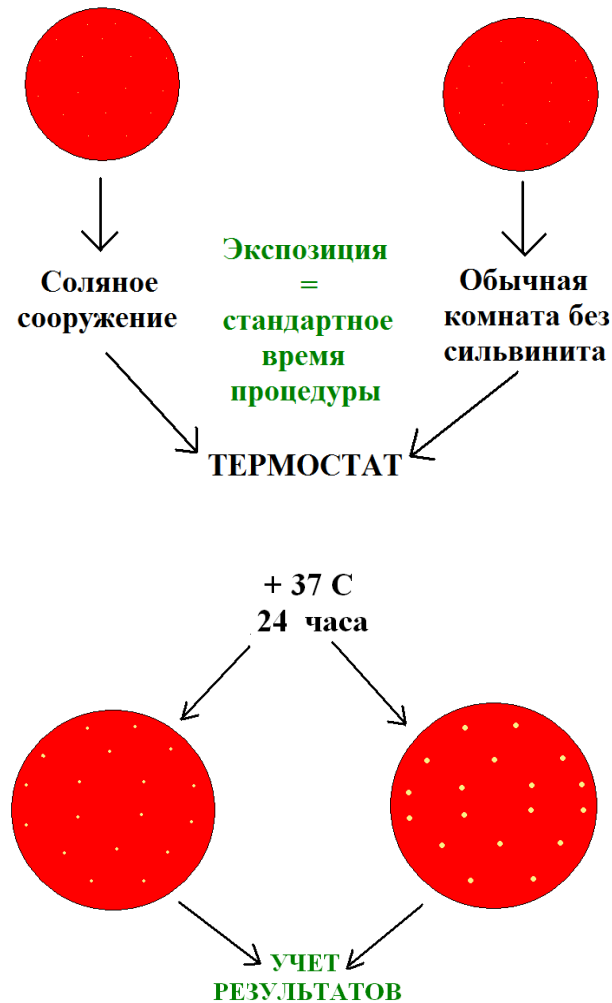


Рисунок 20 – Схема реализации способа оценки эффективности сильвинитовых сооружений

Одну чашку размещали в сильвинитовом сооружении с открытой крышкой в отсутствие пациентов на стандартное время процедуры солетерапии (1-18 часа), вторую – в помещении без конструкций из сильвинита (контрольное). Обе чашки с закрытыми крышками помещали в термостат при температуре 37<sup>0</sup>С, где инкубировали в течение 24 часов. Затем измеряли диаметр колоний с помощью микроскопа МБС-10 (фирма ЛОМО, Санкт-Петербург, Россия) с окуляром-микрометром. Критерием эффективного воздействия факторов внутренней среды (радиационный фон, аэроионизация, сильвинитовый аэрозоль, стабильный микроклимат) на микроорганизмы считали статистически значимое снижение

скорости бактериального роста (диаметр колоний) в опытных чашках по сравнению с контролем (Рисунок 20).

Для определения возможности применения данного способа оценки эффективности соляных устройств нами проведен ряд исследований в сильвинитовых сооружениях различных типов (СМП, СФП и ССУ) со сроком эксплуатации на момент изучения от 1 года до 3-х лет. Параллельно во всех исследуемых сооружениях проводили комплексную гигиеническую оценку наиболее значимых для сильвинитотерапии параметров внутренней среды (уровень радиационного фона, концентрация легких аэроионов и соляного аэрозоля).

При проведении исследования в **СМП** со сроком эксплуатации 1 год время экспозиции чашки Петри, предварительно засеянной *S. aureus*, составило 1 час. На аналогичное время чашка Петри помещалась и в контрольное помещение. Полученный диаметр колоний культуры представлен на Рисунке 21:

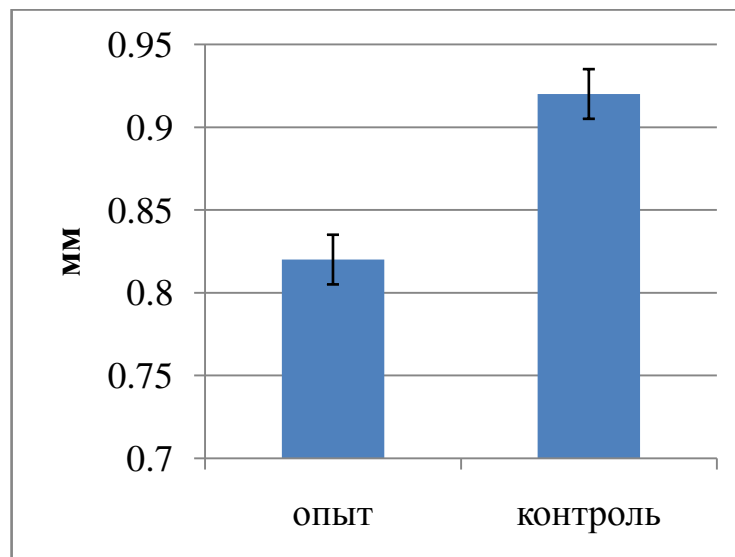


Рисунок 21 – Средний диаметр колоний золотистого стафилококка

В опытном и контрольном помещениях после экспозиции чашек Петри с кровяным агаром диаметр колоний *S. aureus* составил  $0,82 \pm 0,01$  мм и  $0,92 \pm 0,02$  мм соответственно. Сравнение результатов с применением критерия Манна-

Уитни показало, что после пребывания в атмосфере сильвинитового сооружения, диаметр колоний *S. aureus* статистически значимо снижается ( $p < 0,05$ ), свидетельствуя об его эффективном функционировании и формировании биопозитивной внутренней среды, что подтвердили результаты гигиенических исследований. Уровень радиационного фона в изучаемом помещении составил  $0,19 \pm 0,001$  мкЗв/час, концентрация легких отрицательных аэроионов –  $1092,4 \pm 43,6$  ион/см<sup>3</sup>, легких положительных –  $358,0 \pm 16,4$  ион/см<sup>3</sup>, соляного мелкодисперсного аэрозоля –  $1,26 \pm 0,02$  мг/м<sup>3</sup> (Рисунок 31, 32, 33).

После нахождения чашки Петри с кровяным агаром и культурой *S. aureus* в СФП в течение 3 часов и последующей инкубации в термостате (24 часа, 37<sup>0</sup>С), диаметр колоний культуры *S. aureus* составил  $1,62 \pm 0,02$  мм. Диаметр колоний на опытной и контрольной, не находившейся в СФП, чашках представлен на Рисунке 22.

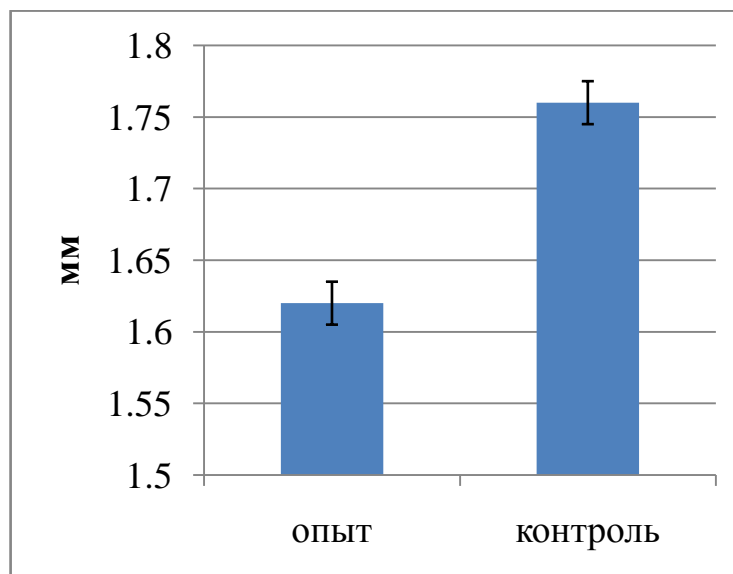


Рисунок 22 – Средний диаметр колоний золотистого стафилококка



Рисунок 23 – Рост колоний *S. aureus* в СФП (инкубация 3 часа)



Рисунок 24 – Рост колоний *S. aureus* в контрольном помещении (инкубация 3 часа)

При проведении морфометрического анализа колоний, находившихся в условиях среды СФП, установлено (Рисунок 23, 24): средний диаметр колоний золотистого стафилококка в опытном сооружении составил  $1,62 \pm 0,02$  мм, в контроле –  $1,76 \pm 0,02$  мм. Сравнение результатов показало, что после пребывания в атмосфере сильвинитового сооружения в течение 3 часов, диаметр колоний *S. aureus* статистически значимо снижается ( $p < 0,05$ ), что свидетельствовало об эффективном функционировании данного сооружения.

Диаметр колоний золотистого стафилококка, полученный в опыте после нахождения чашки Петри в **соляном сильвинитовом устройстве** в течение 18 часов и диаметр колоний на контрольной чашке, не находившейся в ССУ, представлены на Рисунке 25.

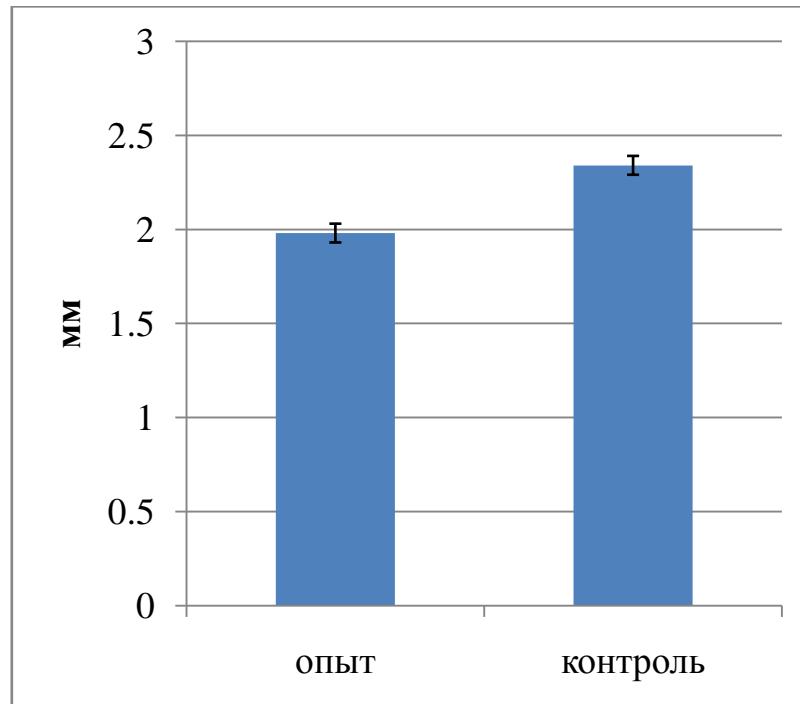


Рисунок 25 – Средний диаметр колоний золотистого стафилококка



Рисунок 26 – Рост колоний *S. aureus* в контроле



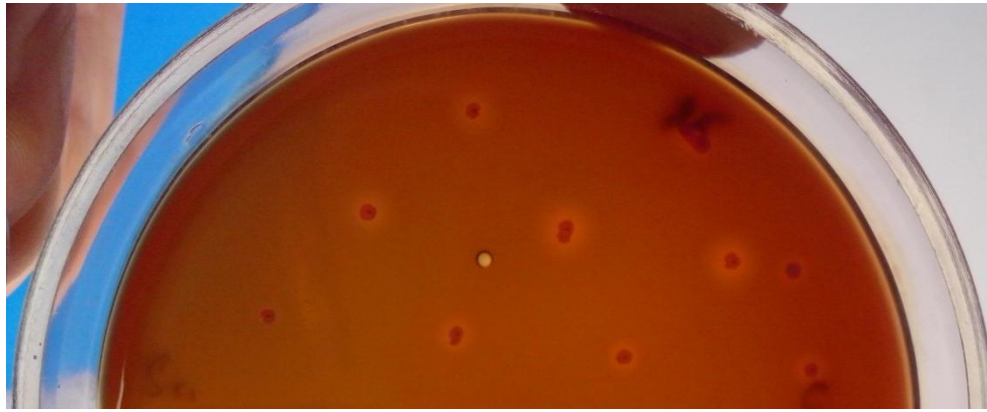


Рисунок 27 – Рост колоний *S. aureus* в ССУ

Длительное пребывание колоний *S. aureus* в атмосфере помещения, оборудованного ССУ, способствовало статистически значимому снижению их диаметра (Рисунок 27). Средние значения диаметра колоний использованного штамма стафилококка были  $1,98 \pm 0,02$  мм, в контрольной комнате (Рисунок 26) –  $2,34 \pm 0,02$  мм, доказывая достаточную эффективность работы ССУ. Диаметр колоний *S. aureus* статистически значимо снижается ( $p < 0,05$ ), свидетельствуя о формировании лечебной внутренней среды и эффективности работы сооружения из сильвинита.

Диаметр колоний культуры *S. aureus*, полученный после нахождения чашки Петри с кровяным агаром в **соляной микроклиматической палате** со сроком эксплуатации более 2 лет в течение 1 часа, и диаметр контрольных колоний представлены на Рисунке 28.

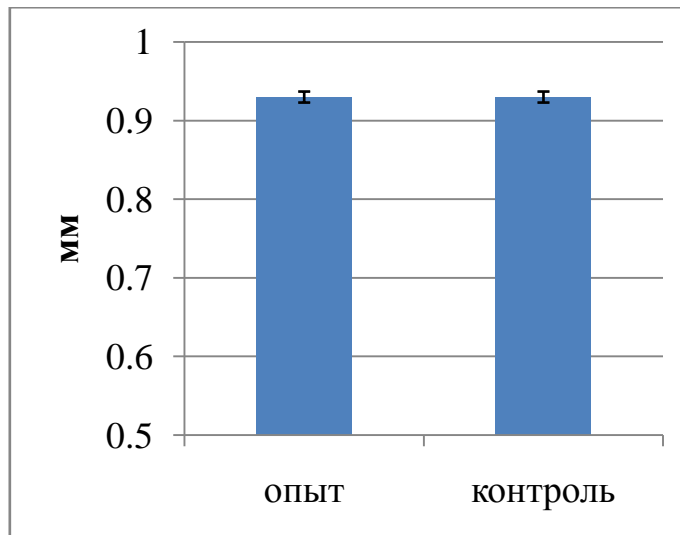


Рисунок 28 – Средний диаметр колоний золотистого стафилококка

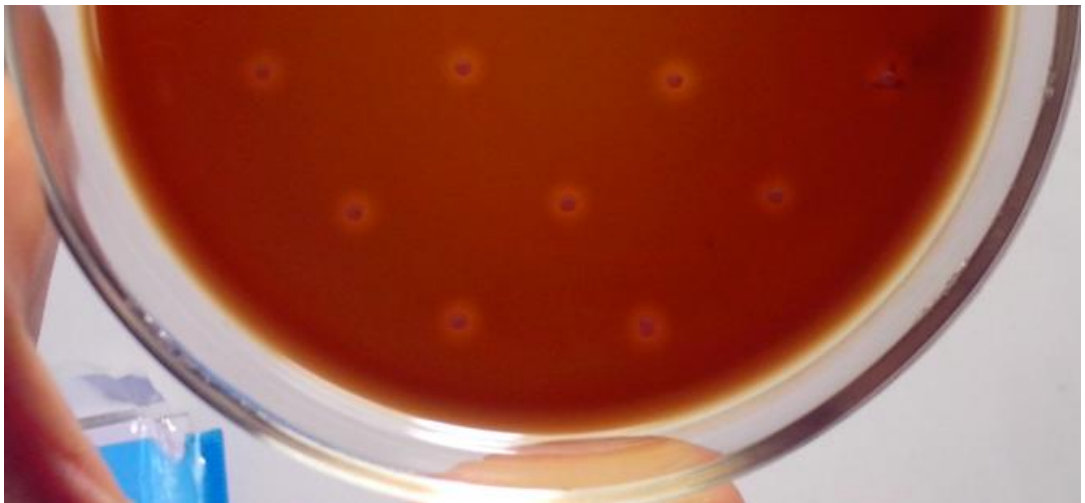


Рисунок 29 – Рост колоний золотистого стафилококка в контрольном помещении

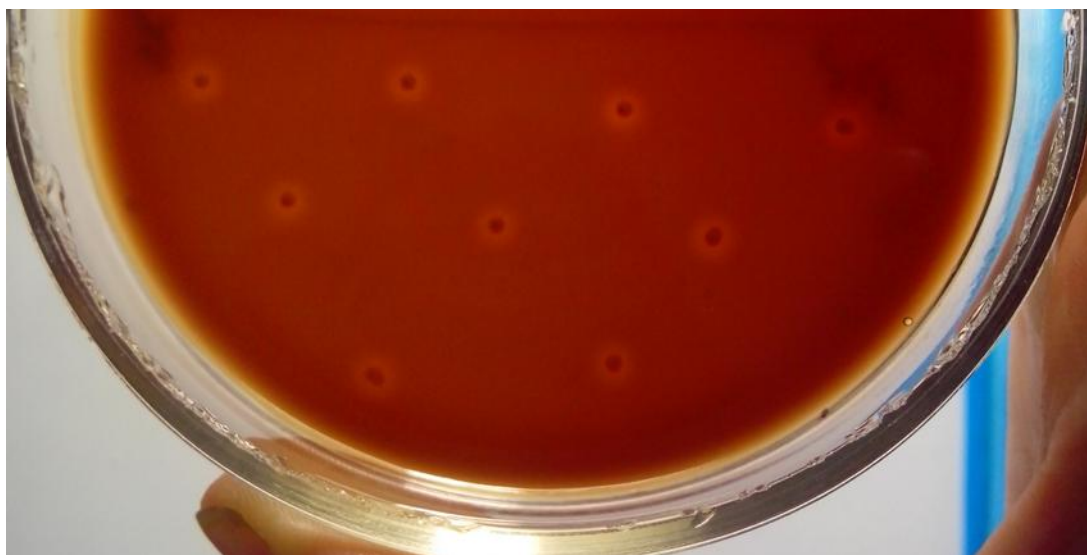


Рисунок 30 – Рост колоний золотистого стафилококка  
в СМП

При оценке полученных данных установлено, что после пребывания в атмосфере СМП, диаметр колоний *S. aureus* статистически значимо не изменился ( $p \geq 0,05$ ), т.е. сооружение не функционирует эффективно, в нем не формируются оптимальные условия внутренней среды (Рисунок 29, 30).

Почти во всех исследованных сельвинитовых помещениях при использовании предложенного способа оценки эффективности функционирования был установлен бактериостатический эффект, подтверждающий наличие специфической внутренней среды, оказывающей комплексное влияние на микроорганизмы *S.aureus*. Гигиенические исследования, проведенные в соляных сооружениях параллельно с микробиологической оценкой эффективности, подтвердили наличие факторов достаточной интенсивности лишь в тех сельвинитовых сооружениях, где был зарегистрирован бактериостатический эффект. Полученные микробиологические данные подтверждены гигиеническими исследованиями (Рисунок 31). Так, в сооружениях со сроком эксплуатации менее 2 лет, уровень основных факторов внутренней среды был достоверно выше, чем в сооружении с длительным сроком эксплуатации (Рисунок 31, 32, 33).

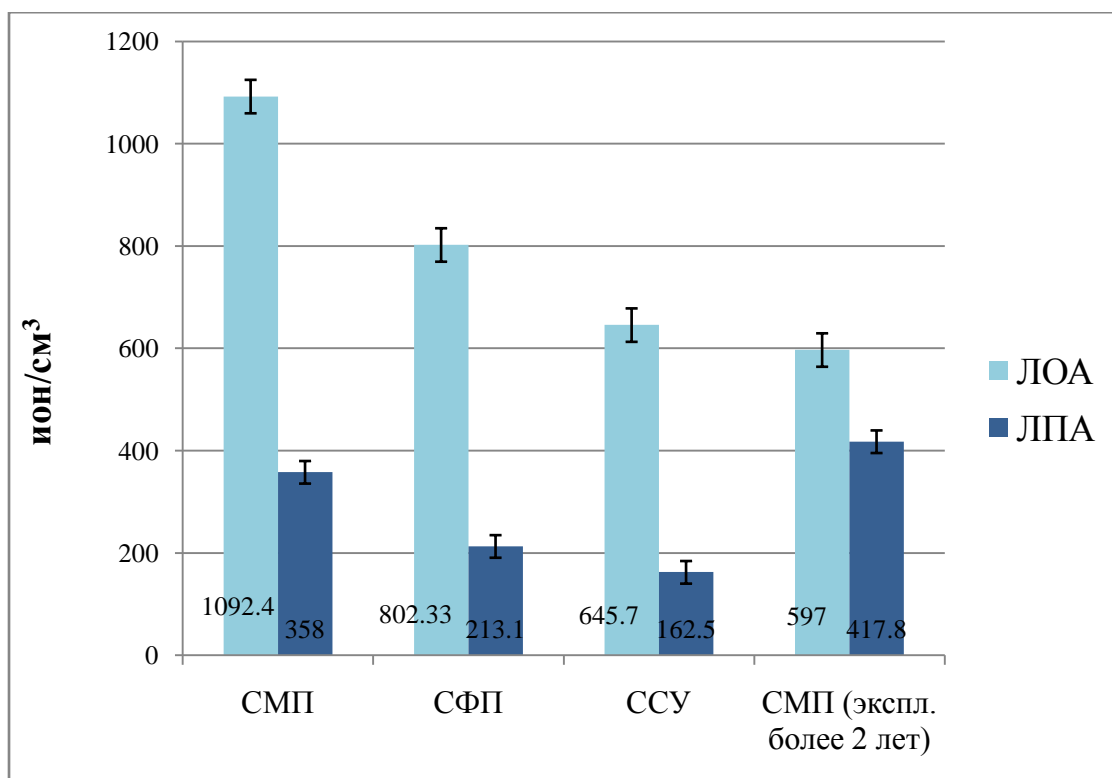


Рисунок 31 – Концентрация легких аэроионов в воздушной среде сильвинитовых сооружений

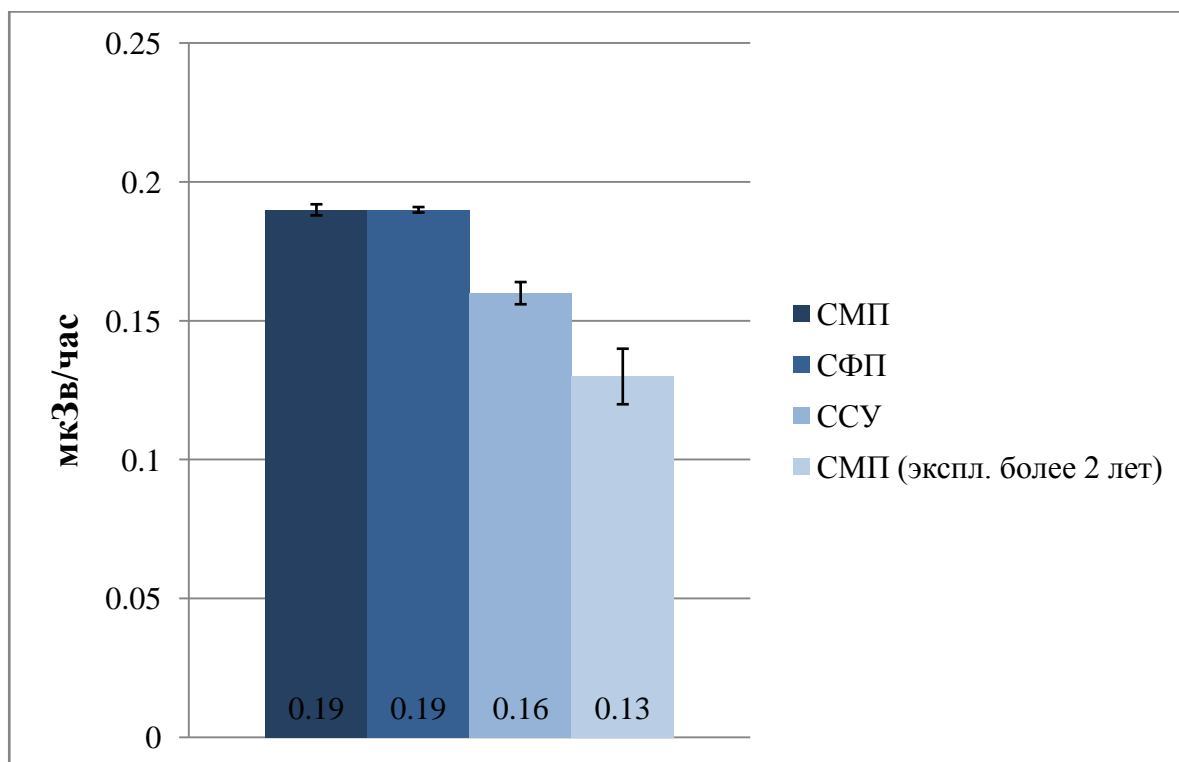


Рисунок 32 – Радиационный фон в сильвинитовых сооружениях различных типов

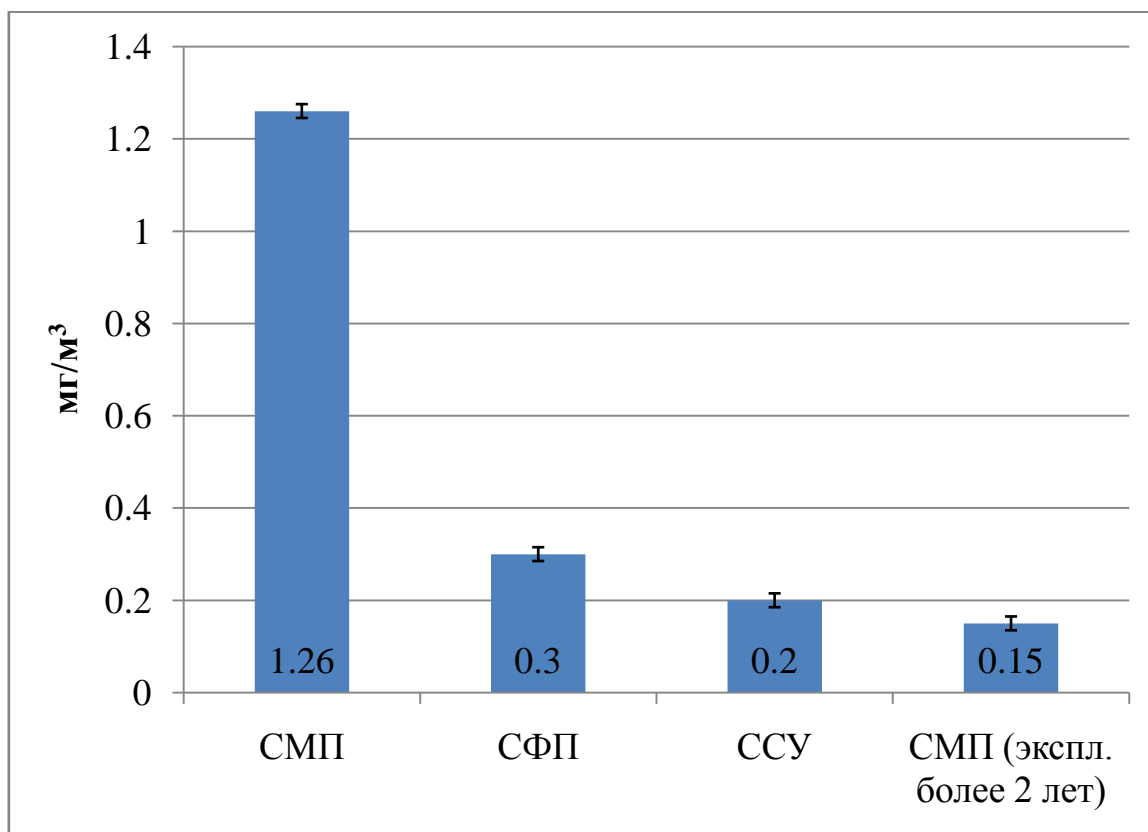


Рисунок 33 – Концентрация соляного мелкодисперсного аэрозоля в сильвинитовых сооружениях различных типов

Статистически значимое снижение размеров колоний музейного штамма *S.aureus* свидетельствовало о достаточной эффективности функционирования соляных сооружений и формировании в них лечебной среды. Отсутствие изменений в ростовых показателях культуры золотистого стафилококка в последнем описанном эксперименте указывало на недостаточную для наступления терапевтического эффекта интенсивность факторов сильвинитотерапии, требующую приостановления работы сооружения и проведения ряда профилактических мероприятий по восстановлению его биопозитивной среды (механическая зачистка соляных поверхностей, корректировка нагрузки на помещение, оценка работы систем вентиляции и т.д.).

Таким образом, предложенный способ определения эффективности функционирования физиотерапевтических сооружений из калийных солей позволяет учитывать комплекс формирующихся терапевтических факторов внутренней среды, упрощает и удешевляет процесс определения качества их работы, а также может быть успешно применен при проведении мероприятий по контролю за эксплуатируемыми сильвинитовыми устройствами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время для лечения и профилактики ряда заболеваний широко используют медицинские технологии, основанные на применении природных факторов, в том числе воздействие на организм пациентов минерала сильвинита. Пермскими учеными показана значимость для практического здравоохранения применения различных типов сооружений из калийных солей Верхнекамья, в частности, для лечения заболеваний дыхательной, сердечно-сосудистой, нервной систем, аллергозов, акушерской патологии, воспалительных заболеваний пародонта и ЛОР-органов. Исследования в этом направлении продолжаются и в настоящее время. Однако, помимо несомненной пользы для практической медицины, растущий интерес к солетерапии (в том числе, сильвинотерапии) может иметь и другие последствия.

Расширение показаний к применению метода сильвинитотерапии при невысоких темпах ввода в строй новых сооружений приводит к увеличению нагрузки на действующие сооружения. Следствием интенсивной и продолжительной эксплуатации сильвинитовых сооружений становятся изменения баланса физико-гигиенических характеристик их внутренней среды, ухудшение микробиологических показателей, что приводит к снижению эффективности их применения. Потому необходимы разработка и обоснование методов оценки функционального состояния различных видов соляных физиотерапевтических устройств.

В то же время на сегодняшний день отсутствуют методические подходы, позволяющие унифицировать систему надзора за сильвинитовыми сооружениями и регламентировать проведение мероприятий по контролю за данными устройствами. Следовательно, требуется дальнейшее совершенствование организации сильвинитотерапии, на основании углубленных комплексных

исследований условий ее проведения с обоснованием гигиенических и санитарно-микробиологических методов контроля внутренней среды.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы стало углубленное комплексное изучение гигиенических и микробиологических факторов солетерапии в сооружениях из природного сильвинита для оценки эффективности и обеспечения оптимальных условий их эксплуатации.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования был решен ряд научно-практических задач. Объектом изучения являлись реально функционирующие в организациях, осуществляющих медицинскую деятельность, соляные устройства и сооружения различных типов (сильвинитовое физиотерапевтическое помещение, соляная микроклиматическая палата, галокамера и соляное сильвинитовое устройство), подробно описанные в главе 2. Кроме того, для проведения микробиологических исследований нами была разработана малая экспериментальная модель сильвинитового сооружения.

Прежде всего, нас заинтересовала задача объективной оценки терапевтической эффективности действующих сильвинитовых сооружений и прогнозирования эффективности новых сооружений и устройств на этапе их проектирования и строительства. Отправной точкой стал известный факт прямой связи их лечебного воздействия с количеством сильвина, входящего в состав природного минерала сильвинита. Именно сильвин содержит радиоактивный изотоп Калий-40, способствующий повышению радиационного фона и активизации процессов аэроионизации. Природный сильвин обеспечивает наличие и определенный состав соляного аэрозоля в воздушной среде сильвинитовых сооружений. Следовательно, зная количество сильвина в сильвинитовых блоках, используемых для строительства соляных физиотерапевтических устройств, можно уже на стадии проектирования прогнозировать их терапевтическую эффективность.

Для определения содержания сильвина был применен принципиально новый способ, основанный на специально разработанной нами компьютерной программе. Данный подход позволил исключить процесс подсчета площади



сильвина вручную. Расчет процентного соотношения сильвина и галита осуществлялось путем цветового анализа цифрового снимка сильвинитовой поверхности. Оригинальная программа, написанная на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010 (прил. А), позволяет определять процентное соотношение компонентов на поверхности минерала. С этой целью программа последовательно попиксельно обрабатывала снимки всех участков сильвинитовых сооружений и, в зависимости от цвета пикселя, относила его либо к группе белых солей (галит), либо к группе красных солей (сильвин). Если же цвет по модели RGB был близок к серому или черному, он не учитывался программой так же, как и пиксели, имеющие чисто белый цвет. Пиксель, не относящийся к красной группе, автоматически относился программой в группу галита. Далее программа осуществляла расчет процентного содержания сильвина в сильвините. Степень точности результатов, получаемых с помощью данного способа, находилась в прямой зависимости от уровня разрешения используемой фотокамеры.

Апробация программы параллельно с применяемым в настоящее время методом палетки для оценки содержания сильвина в экранах сильвинитового физиотерапевтического помещения показала, что результаты измерений в целом были сопоставимы (32,02% и 27,8%, соответственно). Более высокий показатель, полученный методом компьютерного анализа, закономерен, поскольку программа учитывала даже мельчайшие вкрапления сильвина в сильвинитовых поверхностях, которые невозможно зафиксировать при использовании метода наложения сетки. Помимо более высокой точности, разработанный нами метод определения содержания сильвина в соляных сооружениях оказался и менее трудоемким.

Следующей задачей исследования стала оценка фоновых гигиенических условий, формирующихся в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении. Для этого был изучен комплекс гигиенических показателей: параметры микроклимата, радиационный фон, степень аэроионизации с расчетом коэффициента униполярности, наличие и уровень статического заряда на соляных поверхностях, аэрозольный состав воздушной среды. Кроме того, оценивалось

микробиологическое благополучие данного сооружения, путем проведения санитарно-микробиологических исследований, направленных на выявление уровня микробной обсемененности воздуха и присутствия санитарно-показательных микроорганизмов группы В: золотистого стафилококка (*S.aureus*) и дрожжеподобных грибов рода *Candida*.

Параметры микроклимата в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении соответствовали требованиям санитарного законодательства и позволяли отнести микроклимат к категории «оптимальный». Данные условия благоприятны для реализации лечебного влияния солетерапии, поскольку температура и влажность воздуха не вызывали перенапряжения системы терморегуляции пациентов, а имеющееся перемещение воздушных масс в помещении препятствовало застою воздуха в нем и способствовало равномерному распределению аэроионов.

Уровень радиационного фона в исследуемом помещении не превышал норм радиационной безопасности и составлял  $0,18 \pm 0,0027$  мкЗв/ч, что превышало естественный радиационный фон территории, на которой оно располагалось (среднее значение в г. Перми –  $0,11$  мкЗв/ч). Уровень радиационного фона не оказывал негативного влияния на здоровье пациентов, активировал процессы аэроионизации воздуха.

Концентрация и баланс легких аэроионов свидетельствовали о наличии терапевтического потенциала в помещении. Концентрация легких отрицательных аэроионов составляла  $802,33 \pm 62,69$  ион/см<sup>3</sup>, превышала аналогичный уровень легких положительных ионов ( $509,33 \pm 37,17$  ион/см<sup>3</sup>) и находилась в диапазоне благоприятного терапевтического влияния на здоровье пациентов. Именно легкие отрицательные аэроионы имеют важное биологическое значение, реализующееся за счет электрообмена в легочной ткани и нейрорефлекторных реакций, возникающих при раздражении рецепторов. Расчетный коэффициент униполярности составил  $0,63 \pm 0,001$ , что указывало на благоприятную аэроионизационную обстановку, оптимальное соотношение отрицательно и

положительно заряженных частиц, а также на санитарное благополучие помещения.

Концентрация соляного мелкодисперсного аэрозоля в воздухе помещения составляла  $0,023 \pm 0,010$  мг/м<sup>3</sup>, что соответствовало гигиеническим требованиям и диапазону терапевтических концентраций, способных оказывать благоприятное воздействие на организм человека. Известно, что высокодисперсные многокомпонентные аэрозоли солей Верхнекамского калийного месторождения способны, влияя на электролитный баланс гладкомышечных волокон, улучшать бронхиальную проходимость и оптимизировать процессы внешнего дыхания. В свою очередь, положительные сдвиги функционального состояния органов дыхания улучшают показатели гемодинамики в малом круге кровообращения. Следствием снижения давления в системе легочной артерии считается восстановление сократительной способности миокарда.

Наличие электростатического заряда на поверхности соляных панелей можно считать позитивным фактором в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении. Это способствует адсорбции загрязняющих воздух пылевых частиц, микробных клеток и других заряженных взвешенных частиц, что приводит к очищению воздуха в помещении. С другой стороны, сорбционная емкость соляных сооружений не беспредельна, поэтому в дальнейшем возможно снижение их эксплуатационных свойств. Кроме того, следствием накопления пыли и прочих загрязнителей, могут стать неблагоприятные влияния на здоровье пациентов, особенно с заболеваниями дыхательной системы аллергического генеза (бронхиальная астма, ХОБЛ и др.).

Санитарно-микробиологические показатели воздушной среды сильвинитового физиотерапевтического помещения соответствовали нормативам. Так, уровень ОМЧ колебался в пределах от 176 КОЕ/м<sup>3</sup> до 404 КОЕ/м<sup>3</sup> во всех пробах; рост стафилококков с лецитиназной активностью ни в одном из посевов на ЖСА не был выявлен. При изучении смывов с поверхности соляных панелей СФП обнаружены мелкие дрожжевые клетки (сахаромицеты), сарцины и спорообразующие палочки (стрептобациллы), то есть микробы, относящиеся к

нормальной микрофлоре воздуха закрытых помещений. Высокая степень микробной чистоты воздуха сильвинитового физиотерапевтического помещения и поверхности ограждений, объясняется новизной сооружения, адсорбцией микробов на поверхности минерала, а также предполагаемым антимикробным влиянием сильвинита.

Таким образом, внутренняя среда сильвинитового физиотерапевтического помещения по совокупности фоновых гигиенических и санитарно-микробиологических показателей соответствует существующим санитарным требованиям и является безопасным и благоприятным фоном для реализации лечебного потенциала солелечения. Можно сказать, что в сильвинитовом физиотерапевтическом помещении формируется особая биопозитивная среда, которую можно рекомендовать к использованию практическим здравоохранением для лечения и профилактики ряда заболеваний.

Известно, что основной терапевтический эффект соляных сооружений связан с воздействием на организм пациентов аэроионов и соляного аэрозоля. Для контроля эффективности работы соляного сооружения необходима регулярная количественная оценка этих показателей, что подразумевает определенный уровень приборного обеспечения лечебной организации, а также наличие сертифицированных специалистов для работы с приборами и возможность регулярной поверки приборов. Совокупность этих условий может стать непомерным организационным и финансовым бременем для организации, эксплуатирующей соляное сооружение, а также препятствием для строительства новых объектов солелечения. Для разрешения этих противоречий в качестве следующего этапа исследования была поставлена задача обоснования гигиенического интегрального критерия оценки эффективности функционирования сильвинитовых сооружений.

В ее решении мы исходили из предпосылки, что интенсивность воздействия лечебных факторов в значительной степени зависит от качества сильвинита в соляных сооружениях. Поэтому для обоснования интегрального критерия оценки мы провели исследования в сооружениях различного типа (соляное

физиотерапевтическое помещение, соляное сильвинитовое устройство и галокамера). Расчет содержания основной активной составляющей минерала сильвина в исследуемых сооружениях проводили с помощью разработанного нами программного метода; определяли также параметры лечебных факторов их внутренней среды.

В результате удалось выявить зависимость интенсивности основных лечебных факторов соляных устройств от площади природного сильвина в их ограждениях. Так, содержание природного минерала сильвина, определенное с помощью компьютерной программы, в соляных ограждениях СФП оказалось в 2,5 раза выше, чем в ССУ и в 7,7 выше, чем в галокамере ( $p < 0,05$ ). Показатели аэроионизации в СФП также имели достоверно бóльшие значения: средняя концентрация легких отрицательных аэроионов в воздушной среде СФП превышала аналогичную в ССУ на 24,2%, а в галокамере - на 288%. Параметры микроклимата во всех помещениях не имели достоверных различий и находились в пределах оптимальных значений. Таким образом, проведенные исследования подтвердили обоснованность выбора показателя «содержание сильвина в сильвинитовых ограждениях» как интегрального для осуществления санитарного контроля эффективности сооружений из природных калийных солей. Кроме того, использование этого показателя становится целесообразным на этапе проектирования сооружений из калийных солей, а также при отборе материала для изготовления соляных экранов и панелей.

Микробиологический фрагмент исследования планировался, прежде всего, для оценки выживаемости микроорганизмов на поверхности минерала. Эксперименты показали, что, помимо гибели части бактерий на поверхности минерала, отмечалось статистически значимое уменьшение диаметра колоний у выживших бактерий (глава 4). Поскольку диаметр колоний считается одним из интегральных показателей роста микробных культур, данное явление можно было трактовать как следствие влияния природных свойств минерала.

Дальнейшим развитием микробиологических экспериментов стало изучение влияния комплекса факторов внутренней среды соляного сооружения на диаметр

колоний различных бактериальных культур (глава 4). Опыты, проведенные в бактериологической лаборатории с применением малой модели соляного устройства, показали, что у музейной культуры золотистого стафилококка (*S.aureus* № 906) после пребывания в экспериментальных условиях в течение 24 часов статистически значимо снижается диаметр колоний, а также диаметр зоны гемолиза вокруг них.

После получения данных результатов было принято решение оценить влияние внутренней среды реально работающих сильвинитовых сооружений на интегральный показатель состояния бактериальной культуры - величину ее колоний. Проведение экспериментов в сооружениях с различной интенсивностью лечебных факторов показало, что существовала определенная взаимосвязь между интенсивностью факторов внутренней среды и уровнем различий диаметра колоний золотистого стафилококка (*S.aureus* № 906) в паре опыт/контроль. Эксперименты в соляной микроклиматической палате с большим сроком эксплуатации и измененной внутренней средой не выявили различий между показателями опытной и контрольной культур стафилококка. В целом на основании полученных данных было сформулировано заключение, что культура золотистого стафилококка может считаться индикаторным микроорганизмом, реагирующим на влияние лечебных факторов сильвинитовых сооружений снижением темпов роста (т.е., уменьшением диаметра колоний). Использование микробного индикатора вместо многократных приборных замеров либо продолжительных клинических наблюдений могло бы привести к существенному упрощению и удешевлению процесса контроля сильвинитового сооружения. По итогам микробиологических исследований был получен Патент РФ № 2639511 «Способ оценки эффективности работы сильвинитового сооружения» от 21 декабря 2017 года по заявке № 2016126362 от 30.06.2016 г.

## ВЫВОДЫ

1. Гигиеническими исследованиями фоновых показателей внутренней среды сильвинитового физиотерапевтического помещения установлено, что уровень радиационного фона составлял  $0,18 \pm 0,0027$  мкЗв/ч и не превышал норм радиационной безопасности, количество легких отрицательных аэроионов составляло  $802,33 \pm 62,69$  ион/см<sup>3</sup> и соответствовало терапевтически значимому уровню, способному оказывать положительное влияние на состояние здоровья человека. Концентрация соляного мелкодисперсного аэрозоля в воздухе СФП была равна  $0,023 \pm 0,010$  мг/м<sup>3</sup> и не превышала ПДК. Максимальное ОМЧ составляло 404 КОЕ/м<sup>3</sup> при норме не более 500 КОЕ/м<sup>3</sup>. Рост стафилококков с лецитиназной активностью и грибов рода *Candida* не выявлен, что свидетельствовало о бактериальной чистоте воздуха и ограждений СФП.
2. Разработанный метод определения содержания минерала сильвина в сильвинитовых конструкциях, основанный на применении специальной компьютерной программы, позволяет исключить процесс подсчета площади сильвина вручную, имеет более высокую точность и экономичен по времени. Содержание сильвина в соляных ограждениях СФП, определенное программой, составило 32,02%; аналогичный показатель, полученный методом палетки – 27,8%.
3. Интегральный критерий «содержание сильвина в соляных поверхностях» позволяет прогнозировать будущую эффективность сооружений из калийных солей на этапе проектирования и выбора материала для изготовления соляных экранов и панелей. Содержание природного минерала сильвина в соляных ограждениях СФП было в 2,5 раза выше, чем в ССУ и в 7,7 выше, чем в галокамере ( $p < 0,05$ ). Радиационный фон и

показатели аэроионизации в СФП имели достоверно бóльшие значения. Средняя концентрация легких отрицательных аэроионов в воздушной среде СФП превышала аналогичную в ССУ на 24,2%, в галокамере - на 288%. Уровни основных факторов лечебной внутренней среды были достоверно выше в СФП, помещении с бóльшим содержанием минерала сильвина в сильвинитовых ограждениях.

4. Минерал сильвинит обладает угнетающим влиянием на микробные клетки при прямом контакте и опосредованно через формируемую специфическую среду. Средний размер колоний в опыте составил  $1,48 \pm 0,07$  мм, диаметр контрольных колоний был  $1,98 \pm 0,03$  мм ( $p \leq 0,01$ ). Аналогичные изменения происходили в размерах зон гемолиза вокруг колоний *S.aureus* в опытных и контрольных чашках Петри ( $4,39 \pm 0,11$  мм и  $5,72 \pm 0,21$  мм соответственно).
5. Микробиологический способ оценки эффективности функционирования соляных сооружений, основанный на регистрации антимикробного влияния их специфической среды на ростовые показатели бактериальной культуры *Staphylococcus aureus*, позволяет учитывать комплекс формирующихся гигиенических условий внутренней среды устройств из природного сильвинита, упрощает и удешевляет процесс определения качества работы, а также может быть рекомендован к применению при проведении мероприятий по контролю за эксплуатируемыми сильвинитовыми сооружениями.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенных исследований позволили обосновать следующие рекомендации:

1. Рекомендовать к применению в медицинской практике новое соляное сооружений «Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение», оборудованное сильвинитовыми панелями с содержанием сильвина 32-35%, для лечения и профилактики заболеваний дыхательной, сердечнососудистой систем и болезней ЛОР-органов за счет комплекса специфических условий внутренней среды сооружения.
2. Для контроля эффективности сильвинитотерапии и своевременного проведения мероприятий по восстановлению специфических факторов внутренней среды сооружений из природного сильвинита применять микробиологический способ оценки эффективности соляных устройств, основанный на регистрации ее антимикробного влияния на стандартизованный штамм золотистого стафилококка, не реже 1-2 раз в год в зависимости от интенсивности их эксплуатации.
3. Для прогнозирования эффективности сооружений из калийных солей на этапе проектирования и выбора солематериала для изготовления соляных ограждений применять интегральный критерий «содержание сильвина в соляных поверхностях» с последующим санитарным контролем интенсивности гигиенических факторов построенных сооружений.
4. При проведении мероприятий по контролю за сильвинитовыми сооружениями определять содержание природного минерала сильвина в соляных конструкциях с помощью специально разработанной компьютерной программы, для оценки лечебных свойств эксплуатируемых сооружений и внесения их в определенную группу по интенсивности функционирования.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

RGB	Red-Green-Blue
БКРУ-1	Березниковское калийное рудоуправление №1
ВО	высшее образование
ГБУЗ	государственное бюджетное учреждение здравоохранения
ГКПМ	государственная коллекция патогенных микроорганизмов
ЖСА	желточно-соляной агар
КОЕ	колониеобразующие единицы
ЛОА	легкие отрицательные аэроионы
ЛОР	ларингооторинология (оториноларингология)
ЛПА	легкие положительные аэроионы
ЛСЭ	лечебные соляные экраны
МБС	микроскоп бинокулярный стереоскопический
мкЗв	микрозиверт
мкР	микрорентген
Мп	мегапиксель
МПА	мясо-пептонный агар
МУ	методические указания
МУК	методические указания
МэВ	мегаэлектронвольт
НИИЭМ	Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии
ОМЧ	общее микробное число
ПГМА	Пермская государственная медицинская академия
ПДК	предельно допустимая концентрация
ПК	Пермский край
ПУ	пробоотборное устройство

РИНЦ	российский индекс научного цитирования
РФ	Российская Федерация
СанПиН	санитарные правила и нормы
СМП «С»	соляная микроклиматическая палата «Сильвин»
ССУ	соляное сильвинитовое устройство
СФП	сильвинитовое физиотерапевтическое помещение
США	Соединенные Штаты Америки
ФБУЗ	Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
ФГБОУ	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
ФСК	физиотерапевтический соляной кабинет
ХОБЛ	хронические обструктивные болезни легких
ЭВМ	электронно-вычислительная машина
ЭМИ	электромагнитное излучение

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов, Р.А. О спелеотерапии в Оренбуржье / Р.А. Абдрахманов, А.Р. Абдрахманов, Е.А. Якушевский // Оптимизация природопользования и охрана окружающей среды Южно-Уральского региона: матер. рос. науч.-практ. конф. – Оренбург, 1998 г. – 320 с.
2. Ананьина, Л.Н. Изучение сообщества микроорганизмов, выделенного из района солеразработок /Л.Н. Ананьина, О.В. Алтынцева, Е.Г. Плотникова // Вестник Пермского университета. Биология. – 2005. – № 6. – С. 109-114.
3. Баранников В.Г. Гигиеническая оценка микроклимата калийного рудника и его влияния на функциональное состояние шахтеров: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Баранников Владимир Григорьевич; Институт гигиены труда и проф. заболеваний. – М., 1968. – 21с.
4. Баранников, В.Г. Гигиеническое обоснование возможности применения медицинских технологий на основе природных материалов в реабилитационных целях / В.Г. Баранников // Охрана труда на рубеже третьего тысячелетия: матер. конф. – Пермь, 2001. – С. 166-167.
5. Баранников, В.Г. Санитарно-гигиенические требования к соляным комплексам и соляным микроклиматическим палатам / В.Г. Баранников, Е.В. Мезенцева, С.В. Дементьев // Методические рекомендации. – М., 2003. – 23 с.
6. Белоусов, А.Я. Безопасность жизнедеятельности. Приборы радиационной и химической разведки и дозиметрического контроля: учебное пособие / А.Я. Белоусов. – СПб.: изд. СПбГУКиТ, 2012. – 132 с.
7. Богатство недр России. Минерально-сырьевой и стоимостный анализ. - СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 301 с.

8. Бушов, А.В. Объемно-планировочное решение и его влияние на энергоэффективность и микроклимат помещений / А.В. Бушов // Строительные науки. – 2010. – № 3. – С.251-252.
9. Виноградов, Н.В. Галотерапия в комплексном лечении больных хроническим бронхитом / Н.В. Виноградов // Военно-медицинский журнал. – 1999. – № 6. – С. 34-37.
10. Влияние спелеоклиматотерапии на психоэмоциональное состояние студентов в процессе обучения / Н.П. Горбатенко, Е.В. Дорохов, В.Н. Яковлев, Е.А. Павлова // Вестник новых медицинских технологий – 2012. – Т. XIX, № 2 – С.127.
11. Володченко, В. Ф. Влияние солей макроэлементов на рост *Enterococcus faecium* и *Bacillus subtilis* 534. / В.Ф. Володченко // Ежемесячный научный журнал научного фонда «Биолог». – 2015. – № 10 (14). – С. 28-32.
12. Высоцкий, Э.А. Экономико-географические аспекты калийной промышленности мира / А.Э. Высоцкий, В.Н. Губин, В.Э. Кутырло // Вестник БГУ. Серия 2. – 2007. – № 1. – С. 90-96.
13. Галотерапия – новый способ лечения бактериального вагиноза / А.Г. Малявин, Ю.А. Филяева, М.М. Умаханова., А.В. Червинская // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2004. – № 3. – С. 35-37.
14. Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы НПК с междунар. участием / гл. ред. Р.Г. Ибламинов. – Пермь: ПГНИУ, 2015. – 267 с.
15. Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы региональной НПК / гл. ред. Р.Г. Ибламинов – Пермь: ПГНИУ, 2014. – 147 с.
16. Гигиенические исследования аэроионизации в соляной палате/ В.Г. Баранников, С.В. Дементьев, Л.Д. Киреенко и др. // Здоровье и образование: матер. науч.-практ. конф. – Пермь, 2004. – С.16-17.

17. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. СанПиН 2.2.4.1294-03. – М.: Минздрав России, 2003. – 4 с.
18. Гигиенические факторы солелечения и их влияние на физиологические и иммунологические реакции организма пациентов / Л.В. Кириченко, В.Г. Баранников, С.В. Дементьев, Л.Д. Киреенко // Пермский медицинский журнал. – 2007. – № 1-2 (24). – С. 84-89.
19. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. – Введ. 2013-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. – 11 с.
20. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1988. – 15 с.
21. Делендик, Р.И. Перспективы применения спелеотерапии в противорецидивном лечении хронических полипозных риносинуситов / Р.И. Делендик, В.Л. Чекан., П.А. Левченко. // Медицинский журнал. – 2014. – № 3. – С. 10-14.
22. Долотов, Ю.А. Применение подземной галотерапии в Европе и странах СНГ / А.Ю. Долотов // Спелеология, спелеостология. – 2012. – № 3. – С. 270-275.
23. Доминирование *Staphylococcus aureus* в микробиоценозе полости носа у детей и взрослых с инфекционным и аллергическим ринитом / А.П. Батуро, Э.Е. Романенко, А.Ю. Леонова и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – № 1. – С. 72-74.
24. Инновационные технологии восстановительной и курортной медицины / И.Н. Балакина. – Пермь: Кн. Формат, 2009. – 304 с.
25. Индивидуальная соляная сильвинитовая палата для лечения различных нозологических форм заболеваний: пат. 2008116865 РФ / С.В. Дементьев, О.С. Ахматдинов, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, Л.Д. Киреенко. № 2372885; заявл. 28.04.08; опубл. 20.11.09. Бюл. № 32. – 7 с.
26. Исследование бактерицидной эффективности ультрафиолетового излучения при различных режимах работы рециркуляторных

- облучателей / А.И. Васильев, Л.М. Василяк, С.В. Костюченко и др. // Гигиена и санитария. – 2006. – № 4. – С. 13-18.
27. Исследование процессов колонизации и персистенции микроорганизмов на искусственных материалах медицинского назначения / Л.В. Диденко, Г.А. Автандилов, Т.А. Смирнова и др. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – № 5. – С. 64-69.
28. Кириченко Л.В. Гигиеническое обоснование режимов эксплуатации соляных сильвинитовых микроклиматических палат и совершенствование методов их коррекции: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Кириченко Лариса Викторовна; ПГМУ. – Пермь, 2007. – 21 с.
29. Кириченко, Л.В. Гигиеническая оценка условий проведения минералотерапии / Л.В. Кириченко, В.Г. Баранников // Гигиена и санитария. – 2012. – № 2. – С. 23-25.
30. Кириченко, Л.В. Клинико-физиологическое обоснование лечения экологически зависимых заболеваний у детей с применением соляных экранов из природного сильвинита // Л.В. Кириченко, В.Г. Баранников, С.В. Дементьев // Пермский медицинский журнал. – 2008. – № 1 (25). – С. 126-128.
31. Кириченко, Л.В. Минералотерапия заболеваний органов дыхания. / Л.В. Кириченко, В.Г. Баранников // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – № 1. – С. 99-101.
32. Климатическая камера: а. с. СССР: Кл. А 61 М16/02,1983 / В.Г. Баранников, А.В. Туев, Н.Л. Чекина, А.Е. Красноштейн, В.А. Старцев, В.Я. Ковтун; заявитель: Пермский государственный медицинский институт, патентообладатель: В.Г. Баранников, А.В. Туев, Н.Л. Чекина, А.Е. Красноштейн, В.А. Старцев, В.Я. Ковтун. - № 1068126, опубл. Число, Бюл. № 3. – 3 с.

33. Климатическая камера: пат. Рос. Федерация: МПК А61G10/02 / В.Г. Баранников, Е.В. Владимирский, А.Н. Бохан, С.В. Дементьев – № 2166920; опубл. 20.05.2001, Бюл. № 14. – 7 с.
34. Комплексное воздействие спелеоклиматотерапии на организм человека / Е.В. Дорохов, О.А. Жоголева, А.В. Карпова, Ю.А. Горшенев // Реабилитация и восстановительная медицина. – 2007. – № 4. – С. 32-33.
35. Копылов, И.С. Геологическое строение и ресурсы недр в Атласе Пермского края / И.С. Копылов, А.В. Коноплев // Вестник Пермского Университета. – 2013. – Вып.3 (20). – С. 5-31.
36. Копылов, И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия / И.С. Копылов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5. – 8 с.
37. Кортунова, З.В. Эффективность коррекции микроклимата в гало-и спелеокамерах санаториев кавказских минеральных вод / З.В. Кортунова, Н.П. Поволоцкая // Курортная медицина. – 2013. – № 4. – С. 65-68.
38. Красноштейн А.Е. Применение природных калийных солей для наземной спелеоклиматической терапии/ А.Е. Красноштейн, Л.Н. Битинская, А.Г. Исаевич// Уральское медицинское обозрение. – 1999. – № 4. – С. 26-27.
39. Лечение в спелеоклиматической камере из натуральных калийно-магниевых солей Верхнекамского месторождения: Методические рекомендации / [М.А. Рычкова и др.]. – М: Минздрав РФ, 1994 – 7 с.
40. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1967. – 404 с.
41. Май, И.В. Оценка экспозиции населения к пылевому фактору с учетом компонентного и дисперсного состава выбросов предприятия по добыче и переработке минерального сырья (дискуссия) / И.В. Май, С.Ю. Загороднов, Е.В. Попова // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 12. – С. 35-39.



42. Методические указания МУ 2.6.1.2838-11 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. – М.: Госстандарт; 2011. – 28 с.
43. Методические указания МУ 4.3.1517-03 Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионирующего оборудования. - М: Минздрав РФ, 2004. – 20 с.
44. Методические указания МУК 4.3.1675-03 Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 10 с.
45. Методические указания МУК 4.3.2756-10 Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2010. – 20 с.
46. Минеральный мир: структура, разнообразие, конституция минералов, кристаллогенезис и минералообразование, биоминеральные взаимодействия, эволюция минералообразующих процессов / О.Е. Амосова, О.С. Ветошкина, Ю.В. Глухов и др. – Сыктывкар, 2012. – 354 с.
47. Михайлов Б.М. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций.– Ленинград: Изд-во: Недра, 1986. – 238 с.
48. Моисеев, А.А. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене / А.А. Моисеев, В.И. Иванов. – М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ,1990. – 292 с.
49. Наземные спелеоклиматические палаты и опыт применения при бронхиальной астме / А.Е. Красноштейн, В.Г. Баранников, В.В. Щекотов. и др. // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1999. – № 3. – С. 25-28.
50. Никитин, Н.Н. Геометрия: учебник / Н.Н. Никитин. – М.: Изд-во «Просвещение», 1971. – 2017 с.

51. Николаев, Ю.А. Внеклеточные факторы адаптации бактерий к неблагоприятным условиям среды / Ю.А. Николаев // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – Т. 40, № 4. – С. 387-397.
52. Новые аспекты применения минералопрофилактики в амбулаторных условиях / Е.А. Рязанова, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко и др. // Пермский медицинский журнал. – 2015. – № 4 (32). – С. 78-84.
53. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. – М.: Минздрав РФ, 2009. – 87 с.
54. Обоснование комплексного применения криомассажа и сильвинитовой спелеотерапии в реабилитации больных бронхиальной астмой / Н.С. Айрапетова, М.А. Расулова, И.В. Антонович и др. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – № 5. – С. 12-17.
55. Пещеры: сборник научных трудов. / Естественнонауч. ин-т ПГНИУ; ГИ УрО РАН – Пермь, 2017. – Вып. 40. – 230 с.
56. Пещеры: сборник научных трудов/ Естественнонауч. ин-т ПГНИУ; ГИ УрО РАН – Пермь, 2016. – Вып. 39. – 192 с.
57. Пещеры: сборник научных трудов/ Естественнонауч. ин-т ПГНИУ; ГИ УрО РАН – Пермь, 2015. – Вып. 38. – 202 с.
58. Плеханов, Г.В. Применение статического электричества / Г.В. Плеханов, С.В. Коновалова, И.А. Чалых // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: матер. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 445-447.
59. Пономаренко Г.Н. Ингаляционная терапия / Г.Н. Пономаренко, А.В. Червинская, С.И. Коновалов. – СПб.: Изд-во СПП, 1998. – 132 с.
60. Приказ Минздрава СССР № 535 «Об унификации микробиологических (бактериологических) методов исследования, применяемых в клинко-диагностических лабораториях лечебно-профилактических учреждений»
61. Примак, Т.Д. Изменение биологических свойств условно-патогенного стафилококка под влиянием отрицательных аэроионов / Т.Д. Примак,

- Е.А. Шевчук, С.Л. Мельникова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2012 год. – № 5 (87), часть 1. – С. 293-295.
62. Применение сильвинитовых спелеоклиматических камер для лечения, реабилитации и профилактики при бронхиальной астме и хроническом бронхите / Л.А. Верихова, Т.А. Леонтьева, Г.З. Файнбург и др. // Проблемы семьи и здоровья. – 2000. – ч. II. – С. 22-23.
63. Применение солетерапии в комплексном лечении беременных женщин с плацентарной недостаточностью / В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, Е.А. Сандакова и др. // Вестник восстановительной медицины. – 2010. – № 37 (3). – С. 44-47.
64. Принципиальные подходы к нормированию биологических загрязнителей / Ю.А. Рахманин, Г.А. Багдасарьян, В.И. Немыря, Н.П. Сергеюк // Гигиена и санитария. – 2001. – № 1. – С. 6-9.
65. Природные калийные соли в лечении бронхолегочной патологии / В.Г. Баранников, С.В. Дементьев, Л.В. Кириченко, Л.Д. Кириенко // Лечащий врач. – 2006. – № 4. – С. 66-68.
66. Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб.науч.ст. / отв. ред. И.И. Чайковский. – Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2013. – Вып. 16. – 406 с.
67. Проблемы освоения крупнейших калийных месторождений мира / Е.Н. Батурин, Е.А. Меньшиков, С.М. Блинов и др. // Электронный научный журнал: Современные проблемы науки и образования. Географические науки. – 2012. – №6. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7513>.
68. Пунченко, О.Е. Исследование микробиоты воздуха в многопрофильном стационаре Санкт-Петербурга / О.Е. Пунченко, К.Г. Косякова, Н.В. Васильева // Гигиена и санитария. – 2014. – № 5, С. 33-36.
69. Руководство Р 2.1.3.004-94 Организация гигиенического контроля соляных климатических камер для лечения заболеваний органов дыхания; М. – 1994. – 20 с.

70. Русанова, Е.А. Использование физических свойств калийных солей Верхнекамья поликлинических условиях / Е.А. Русанова, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко // Пермский медицинский журнал. – 2014. – Т.31, № 1. – С. 95-97.
71. Русанова, Е.А. Применение лечебных свойств природных калийных солей в поликлинических условиях / Е.А. Русанова, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко // Пермский медицинский журнал. – 2014. – №. 1 – С. 95-97.
72. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. СанПиН 2.1.3.2630-10. – М.: Минздрав РФ, 2010 год. – 170 с.
73. Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение пат. Рос. Федерация: МПК / В.Г.Баранников, Л.В. Кириченко, В.А. Черешнев, Л.Е. Леонова и др.; заявитель и правообладатель: ГБОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера – № 146206; опубл. 02.09.2014, Бюл. № 28. – 4 с.
74. Сливина, Л.П. Зависимость неспецифических биоэффектов у детей от воздействия химических загрязнений воздушной среды/ Л.П. Сливина// Гигиена и санитария. – 2002. – № 6. – С. 67-69.
75. Современная спелеоклиматотерапия / Г.З. Файнбург, И.П. Корюкина, Л.А. Верихова и др. – Пермь, 2005. – 140 с.
76. Спелеотерапия в калийном руднике / В.Г. Баранников, А.Е. Красноштейн, Л.М. Папулов и др. – Екатеринбург: УроРАН, 1996. – 173 с.
77. Способ лечения атопических дерматитов: пат. Рос. Федерация: МПК А61G10/02; А61K33/14; А61P17/00 / В.Г. Баранников, В.Д. Елькин, О.В. Шарышева, М.С. Бахтина, С.В. Дементьев, А.В. Коломойцев. Патентообладатель: ГБОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера. – № 2363440; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22. – 7 с.
78. Способ лечения вульгарного псориаза: пат. Рос. Федерация: 2010132404/12 РФ / В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, В.Д. Елькин, Е.А.

- Копытова, С.В. Дементьев; заявитель и правообладатель: ГБОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера. – № 2428159; опубл. 10.09.11., Бюл. № 25. – 3 с.
79. Способ лечения плацентарной недостаточности у женщин с осложненным течением беременности: пат. Рос. Федерация; МПК А61Р15/06; А61М15; А61К35/14; А61К31/455 / В.Г. Баранников, Е.А. Сандакова, Л.В. Кириченко, И.А. Грехова, Е.Ю. Касатова, С.В. Дементьев; патентообладатель ГБОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера. – № 2410131; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3. – 6 с.
80. Способ лечения хронического генерализованного катарального гингивита : пат. Рос. Федерация: МПК А61G10/00 / Л.Е. Леонова, Л.В. Омарова, Г.Н. Павлова, В.Г. Баранников и др.; заявитель и правообладатель: ГБОУ ВПО ПГМУ им. ак. Е.А. Вагнера Минздрава России. – № 2565839; опубл.23.09.15, Бюл. № 29. – 4 с.
81. Способ приготовления спелеокамер к работе: пат. Рос. Федерация: МПК А61G10/2 / Н.П. Поволоцкая, Б.П. Хинчагов, З.В. Картунова, С.И. Ляшенко, Г.И. Константиновская, Л.Б. Мальчуковский, Л.А. Щebetова, М.И. Киласова; заявитель и патентообладатель: Государственное учреждение «Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – № 2266730 С2, опубл. 27.12.2005, Бюл. № 36. – 4 с.
82. Сравнительная гигиеническая характеристика современных методов солелечения. / Е.А. Рязанова, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко и др. // Пермский медицинский журнал. – 2014. – № 3 (31). – С. 65-69.
83. Старцев, В.А. Радиологические исследования соляного пласта «АБ» калийного рудника/ В.А.Старцев, Н.Л.Вишневская, В.Г.Баранников, Б.П.Донской // Вопросы комплексного освоения недр и совершенствование технологии горных работ на предприятиях Западного Урала: Тез. докл. науч-техн. конференции. – Пермь,1983. – С.21-22.

84. Старцев, В.Н. Оценка возможностей инвестирования строительства комбината калийных удобрений в Волгоградской области / В.Н. Старцев, В.В. Ревебцов // Вестник ВолГУ. Серия 3. – 2008. – № 1 (12). - С. 195-200.
85. Тогоев А.М. Спелеотерапия в системе экологической реабилитации и оздоровления населения с использованием передовых немедикаментозных средств профилактики и лечения широкого круга заболеваний/ А.М. Тогоев. – Москва, 2004. – 23 с.
86. Устойчивость к экстремальным факторам микроорганизмов прибрежных экосистем мертвого моря / В.А. Романовская, Л.В. Авдеева, Г.В. Гладка и др. // Микробиологический журнал. – 2013. – Т. 75, № 3. – С. 3-11.
87. Устройство для приготовления и подачи аэрозоля в соляную микроклиматическую палату: пат 2004133935/22 РФ / В.Г. Баранников, С.В. Дементьев, О.С. Ахматдинов. № 44500; заявл. 23.11.2004; опубл. 27.03.2005. Бюл. № 9. – 6 с.
88. Устройство для солелечения дерматологических больных: пат. Рос. Федерация: МПК А61G10/02 / В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, С.В. Дементьев, Л.Д. Киреенко; патентообладатель: ГБОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера – № 58032; 26.07.2006, Бюл. № 31. – 10 с.
89. «Усть-качкинская» минеральная вода и ее антимикробные свойства / [Разумов А.Н. и др.]; М-во здравоохранения Рос. Федерации, Рос. науч. центр восстановит. медицины и курортологии М-ва здравоохранения Рос. Федерации, Гос. учреждение "Перм. науч. центр РАМН и администрации Перм. обл.". – Пермь; М., 2004. – 88 с.
90. Федотова, М.Ю. Особенности микрофлоры воздушной среды соляных микроклиматических палат / М.Ю. Федотова, Э.С. Горовиц, В.Г. Баранников // Пермский медицинский журнал. – 2005. – № 3, том 22. – С. 118-121.
91. Фетисов, В.В. Взаимодействие природных и техногенных рассолов верхнекамского месторождения солей с основными минералами соляной

- толщи / В.В. Фетисов, Е.П. Катаева, Н.Ф. Фетисова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – № 9, том 326. – С. 87-94.
92. Фивег, М.П. Как образуются залежи каменной и калийной солей / М.П. Фивег. – Новосибирск: Изд-во Наука. Сибирское отделение, 1983. – 81 с.
93. Физиолого-гигиеническая концепция спелео- и солелечения / В.А. Черешнев, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, С.В. Дементьев. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 184 с.
94. Физиолого-гигиенические исследования в солелечении / В.А. Черешнев, В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко и др. // Вестник уральской медицинской академической науки. – 2010. – № 3 (31). – С. 90-93.
95. Физиолого-гигиеническое обоснование лечения дерматологических больных с применением экранов из природного сильвинита / Л.Д. Киреенко, В.Г. Баранников, В.Д. Елькин и др. // Пермский медицинский журнал. – 2009. – №1 (26). – С. 82-87.
96. Формирование устойчивости микроорганизмов к дезинфицирующим средствам и пути решения проблемы / Е.Н. Кобзев, В.А. Чугунов, В.Б. Родин и др. // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2014. – № 6 Т.19. – С. 48-54.
97. Хакимова, Р.Ф. Анализ причин заболеваемости аллергическими болезнями среди детского населения республики Татарстан/ Р.Ф. Хакимова // Гигиена и санитария. – 2002. – № 2. – С. 55-56.
98. Хан, М.А. Применение галотерапии для оздоровления детей в общеобразовательных учреждениях / М.А. Хан, А.В. Червинская., Н.А. Микитченко // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – № 2. – С. 31-35.
99. Червинская, А.В. Возможности и перспективы галотерапии в лечении и реабилитации больных с заболеваниями органов дыхания // Проблемы терапевтической и хирургической пульмонологии: Сб. матер.

- Всероссийс. научно-практич. конф. – Санкт-Петербург, 1997. – С. 267-269.
100. Червинская, А.В. Сухой аэрозоль хлорида натрия – главный действующий фактор спелео- и галотерапии / А.В. Червинская // Курортные ведомости. – 2004. – № 4-5 (25-26). – С. 21-22.
101. Черный, К.А. Опыт использования сильвинитовых блоков и панелей в комнатах «живого» воздуха и основные параметры качества формируемой воздушной среды / К.А. Черный, Г.З. Файнбург // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 2. – С. 6-17.
102. Черный, К.А. Особенности и основные закономерности формирования аэроионного состава воздуха при проведении профилактических и физиотерапевтических сеансов в помещениях различного назначения / К.А. Черный, А.В. Храмов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – Тематический выпуск. – С. 196-199.
103. Чудинов, Н.К. О природе окраски калийных солей палеозоя / Н.К. Чудинов // Минералы изверженных горных пород и руд Урала. – Ленинград: Изд-во Наука, 1967. – С. 118-130.
104. Шелудько, В.С. Теоретические основы медицинской статистики: метод. рекомендации / В.С. Шелудько, М.Я. Подлужная. – Пермь, 2001. – 36 с.
105. Экологическая обусловленность применения спелеоклиматотерапии как метода профилактики бронхолегочных заболеваний / Н.А. Агаджанян, Е.В. Дорохов, О.А. Жоголева и др. // Вестник РУДН, серия Медицина. – 2008. – № 4. – С. 57-62.
106. Юшкин, Н. П. Минеральные факторы здоровья человека: концепция медицинской минералогии / Н.П. Юшкин // Зап. ВМО. – 2004. – Ч. 133, № 4. – С. 92-107.
107. Юшкин, Н.П. Минеральный мир и биосфера / Н.П. Юшкин // Вестник института Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2007. – № 6. – С. 2-5.



108. Юшкин, Н.П. Мир наноминералогии / Н.П. Юшкин, А.М. Асхабов // Вестник института Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2007. – № 12. – С. 2-5.
109. Ястребова, О.В. Структурно-функциональная характеристика бактериального консорциума, выделенного из техногенных почв Верхнекамского месторождения солей / О.В. Ястребова, И.А. Кошелева, Е.Г. Плотникова // Вестник Пермского университета. Биология. – 2016. – № 3. – С. 253-262.
110. Andrejchuk, V.N., Geomicrobiology and Redox Geochemistry of the Karstified Miocene Gypsum Aquifer, Western Ukraine: the study from Zoloushka Cave. / V.N. Andrejchuk, A.B. Klimchouk // Geomicrobiology Journal. – 2001. – № 18. – P. 275-295.
111. Aerosol therapeutic environment of Ukrainian allergic speleo hospital and salt aerosol therapy rooms / Y. Chonka, M. Sichka, B. Buleza et al. // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 16-17.
112. Air quality consideration in underground and surface workings atmosphere and in the surrounding environment Praid salt mine / G. Gheorghe, D. Angelica, M. Kovacs // Annals of the University of Petrosani, Mining Engineering. – 2012. – № 13. – P. 256-260.
113. Ayres, J.G. Particle mass or particle numbers? / J.G. Ayres // Eur. Respir. Rev. – 2003. – № 6. – P. 135-138.
114. Brown E. Concentration of sylvite from sylvinite ore (2,699,255) / E. Brown, T. Cecil // United States Patent Office. Patented January 11, 1955.
115. Bruthans, J. Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: comparison of carbonate and salt karst. / J. Bruthans, O. Zeman // Acta Carsologica. – 2003. – Vol. 32, № 1. – P. 83-99.
116. Busse, W.W. Introduction: the many faces of asthma / W.W. Busse // Eur.Respir.Rev. – 2001. – № 4. – P. 209.

117. Chan-Yeung, Moira. Occupational Asthma / Moira Chan-Yeung // Environmental Health Perspectives. – 2005. – Vol. 103, № 6. – P. 249-251.
118. Chervinskaya, A. Halotherapy in controlled salt chamber microclimate for recovering medicine / A. Chervinskaya // Balneologia Polska. – 2007. – Vol. 49, № 2 (108). – P. 133-141.
119. Classic and modern in speleotherapy in Cacica Salt Mine (kackzyka) Suceava County, Romania (from empirism to scientific speleotherapy in Cacica Salt mine) (lecture) / Ioan Ietcu, Iu. Simionca, Motan Doina Ganea et al. // Committees of “The XIVth international symposium of speletherapy”, PCS/CPS –Turda, Romania, 2012. – P. 31-32.
120. Distribution survey of Cyanobacteria in three Greek caves of Peloponnese / V. Lamprinou, D.B. Danielidis, A. Economou-Amilli, A. Pantazidou // International Journal of Speleology. – 2012. – № 41 (2). – P. 267-272.
121. Double-blind placebo-controlled randomized clinical trial on the efficacy of Aerosal1 in the treatment of sub-obstructive adenotonsillar hypertrophy and related diseases / M. Gelardi, L. Iannuzzi, A.G. Miani et al. // International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. – 2013. – P. 1818-1824.
122. Efficacy of Halotherapy for Improvement of Pulmonary function Tests and Quality of Life of Non-Cystic Fibrosis Bronchiectatic Patients / B. Rabbani, S. Shahabedin, M. Makki et al. // Tanaffos. – 2013. – №12 (2). – P. 22-27.
123. Enache, Liviu, Microclimate and physical environment elements in some salt mines in Romania for speleotherapeutical use / Enache Liviu, Bunescu Iulia // Committees of “The XIVth international symposium of speletherapy”, PCS/CPS –Turda, Romania, 2012. – P. 17-18.
124. Evaluation and optimization of functional circuits and equipment necessary to a halotherapeutic treatment center in accordance with minimum requirements and standards of operation / H. Lazarescu, L. Mirescu, Iu. Simionca et al. // Committees of “The XIVth international symposium of speletherapy”, PCS/CPS –Turda, Romania, 2012. – P. 71-72.

125. Franke, A. Long-term benefits of radon spa therapy in rheumatic diseases: results of the randomised, multi-centre IMuRa trial / A. Franke, T. Franke // *Rheumatology International*. – 2013. – № 33. – P. 2839-2850.
126. Frumkin, A. Historic Dead Sea level fluctuations calibrated with geological and archaeological evidence / A. Frumkin, Y. Elitzur // *Quaternary Research*. – 2002. – № 57. – P. 334-342.
127. Frumkin, A. Morphology and development of salt caves / A. Frumkin // *The NSS Bulletin*. – 1994. – № 56. – P. 82-95.
128. Gawroński, W. The history of medical treatment in the “Wieliczka” Salt Mine. / W. Gawroński // Committees of “The XVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS –Wieliczka, Poland, 2014. – P. 17-18.
129. Gorbenko, P. Medical technology of halotherapy (Lecture) / P. Gorbenko // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS –Turda, Romania, 2012. – P. 59-60.
130. Halo Therapy and Saline Inhalation Administered to Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Pilot Study / U.M. Weinreich, T. Nilsson, L. Mylund et al. // *Salt Journal of Palliative Care and Medicine*. – 2014. – № 4. – P. 4.
131. Horvath, T. Speleotherapy: a special kind of climatotherapy, its role in respiratory rehabilitation / T. Horvath // *Disability and Rehabilitation*. – 1986. – Vol. 8, № 2 – P. 90-92.
132. Inhalation of hypertonic saline aerosol enhances mucociliary clearance in asthmatic and healthy subjects / E. Daviskas, S.D. Anderson, I. Gonda et al. // *European Respiratory Journal*. – 1996. – № 9. – P. 725-732.
133. Ionic composition of air in the underground department of Ukrainian allergic hospital / Y. Chonka, M. Sichka, B. Buleza et al. // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 14-15.

134. Lavoie, K.H. Bacteria as indicators of human impact in caves / K.H. Lavoie, D.E. Northup // National Cave and Karst Management Symposium. – New York, 2005. – P. 40-47.
135. Natural and artificial air ionization in underground spaces – an environmental factor with therapeutic potential / L. Enache, C. Filipescu, Iu. Simionca et al. // 14th International Congress of Speleology. - Athens-Kalamos, 2005. – P. 426-429.
136. Nurov, I. Immunologic features of speleotherapy in patients with chronic obstructive pulmonary diseases / I. Nurov // Medical and Health Science Journal. – 2010. – № 2. – P. 44-47.
137. Radiometric measurements and evaluation of Radon concentration in some Northern Romanian salt mines for speleo-therapeutic, medical purposes and balneary tourism / M.R. Calin, M.A. Calin, I. Radulescu et al. // Acta Balneologica. – 2014. – Vol. 56, № 3. – P. 133-139.
138. Radon therapy and speleotherapy in Hungary / K. Nagy, N. Kavasi, T. Kovacs, J. Somlai // Press Therm Climat. – 2008. – № 145. – P. 219-225.
139. Rashleigh, R. A review of halotherapy for chronic obstructive pulmonary disease / R.A. Rashleigh, S. MS Smith, N.J. Roberts // International Journal of COPD. – 2014. – № 9. – P. 239-246.
140. Restructuring of salt aerosol particles in the process of treatment environment creation / Y. Chonka, I. Lemko, Y. Sharkan et al. // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 34.
141. Salt caves as simulation of natural environment and significance of halotherapy / J. Zajac, I. Bojar, J. Helbin et al. // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. – 2014. – Vol. 21, № 1 – P. 124-127.
142. Saltmed – the therapy with sodium chloride dry aerosol / B. Oprita, C. Pandrea, B. Dinu, B. Aignatoaie // Therapeutic, Pharmacology and Clinical Toxicology. – 2010. – Vol. 14, № 3. – P. 201-204.

143. Sandy, I. Halotherapy: from ethoscience to scientific explanation / I. Sandy // *Environmental Engineering and Management Journal*. - 2009. – Vol. 8, № 6. – P. 1331-1338.
144. Simionca, Iu. The structure of the therapeutic (speleotherapeutical) factor in the salt mines – primordial element in speleotherapy mechanism and effect / Iu. Simionca // *14th International Congress of Speleology*. – Athens-Kalamos, 2005. – P. 426.
145. Skwarczynski, M.A. Impact of individually controlled facially applied air movement on perceived air quality at high humidity / M.A. Skwarczynski, A.K. Melikov, V. Lyubenova // *Building and environment*. – 2010. – Vol. 45, № 10. – P. 2170-2176.
146. Slavik, P. Use of carst caves of the czech republic for speleotherapy. Moravia children's specialized health care center "children's sanatorium with speleotherapy" / P. Slavik // *Committees of "The XIVth international symposium of speleotherapy"*, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 11.
147. Snyetkova, N. Influence of halotherapy on oxidant-antioxidant processes in children with dermato-respiratory syndrome at the period of exacerbation of atopic dermatitis / N. Snyetkova, F. Kokten // *Arch Dis Child*. – 2012. – № 97 (Suppl. 2). – P. 144-145.
148. Speleotherapy sections in salt mines Slanic-prahova, Cacica, Turda and other perspectives / Iu. Simionca, N. Grudnicki, O. Mera, C. Zup // *Committees of "The XIVth international symposium of speleotherapy"*, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 30.
149. Studies on the effect of experimental speleotherapy in artificial saline by identifying the biochemical pathways involved in asthma / M. Petrescu, I. Nicu, C. Nica et al. // *Committees of "The XIVth international symposium of speleotherapy"*, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 62-63.
150. Surveys of therapeutic effects of "halotherapy chamber with artificial saline environment" on patients with certain chronic allergenic respiratory pathologies and infectious-inflammatory pathologies / H. Lazarescu, Iu.

- Simionca, M. Hoteteu // *Journal of Medicine and Live*. – 2014. – Vol. 7, № 2. – P. 83-87.
151. The effect of salt chamber treatment on bronchial hyperresponsiveness in asthmatics / J. Hedmann, T. Hugg, J. Sandell, T. Haahtela // *Allergy*. – 2006. - № 61. – P. 605-610.
152. The effects of salt solutions on the health of human subjects / I. Sandu, M. Canache, V. Vasilache, I-G. Sandu // *Present Environment and Sustainable Development*. – 2011. – Vol. 5, № 2. – P. 67-88.
153. The functional characteristics of the artificial halochamber / M. Canache, I. Sandu, M. Chirasi et al. // *Present Environment and Sustainable Development*. – 2012. – Vol. 6, № 2. – P. 221-234.
154. The recovery treatment based on haloaerosoltherapy and balneotherapy at patients with psoriasis / I. Lemko, N. Vantyukh, M. Haysak, O. Lyahova // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 64-65.
155. Zup, C. Historic aspects of salt exploration and utilization of Cacica Salt Mine underground spaces for tourism and speleotherapy perspectives / C. Zup, N. Grudnicki, I.A. Zup // Committees of “The XIVth international symposium of speleotherapy”, PCS/CPS – Turda, Romania, 2012. – P. 30.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Листинг компьютерной программы для определения содержания минерала сильвина в соляных поверхностях

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace ПикселиСш
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public double RedPixel;
        public double WhitePixel;
        public int flag;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            backgroundWorker1.WorkerReportsProgress = true;
            backgroundWorker1.WorkerSupportsCancellation = true;
            RedPixel = 0;
            flag = 0;
            WhitePixel = 0;
            Redpercent.Text = "0";
            WhitePercent.Text = "0";
        }
        public string strPath; //путь до нужного файла
        public double redCount1;
        public double countWhite1;
        public double Width;
        public double Height;
        public int i;
        private void load_foto_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            strPath = "";
            path.Text = "";
            if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
            {
                try
                {
                    {
                        strPath = openFileDialog1.FileName;
                        path.Text = strPath.ToString();
                        progressBar1.Visible = true;
                        resultLabel.Visible = true;
                        if (!backgroundWorker1.IsBusy)
                        {

```

```

        backgroundWorker1.RunWorkerAsync();
    }
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show("Error: " + ex.Message, "Error", MessageBoxButtons.OK,
    MessageBoxIcon.Error);
}
}

private void Очистить_Click(object sender, EventArgs e)
{
    RedPixel = 0;
    WhitePixel = 0;
    Redpercent.Text = "0";
    WhitePercent.Text = "0";
    path.Text = "";
    flag = 0;
}

private void backgroundWorker1_DoWork(object sender, DoWorkEventArgs e)
{
    int thresh = 100;
    double redCount = 0;
    double countWhite = 0;
    int percent;
    Bitmap img = (Bitmap)Image.FromFile(strPath, true);
    Width = img.Width;
    Height = img.Height;
    percent = (img.Width * img.Height) / 100;

    int i;
    int count=0;
    for ( i = 0; i < img.Width; i++)
    {
        if (flag == 1)
            break;
        else
        {
            for (int j = 0; j < img.Height; j++)
            {
                Color color = img.GetPixel(i, j);
                count++;
                //красным считаем пиксель, чья красная компонента выше порогового
                значения и все остальные компоненты равны 0
                //пиксели, которые не являются красными - являются белыми
                if ((color.R > thresh) && (color.R - color.G > 20) && (color.R -
                color.B > 20))
                    redCount++;
                else if ((color.R == 255) && (color.G == 255) && (color.B == 255))
                    countWhite++;
                if (count % percent == 0) //если скопировали целое число процентов
                {
                    backgroundWorker1.ReportProgress((int)((float)count /
                    (float)(img.Width * img.Height) * 100));
                    if (backgroundWorker1.CancellationPending)
                    {
                        e.Cancel = true;
                        break;
                    }
                }
            }
        }
    }
    countWhite1 = countWhite;
}

```



```

        redCount1 = redCount;
        backgroundWorker1.ReportProgress((int)((float)count / (float)(img.Width *
img.Height) * 100));
    }
}

private void backgroundWorker1_ProgressChanged(object sender, ProgressChangedEventArgs
e)
{
    progressBar1.Value = e.ProgressPercentage;
    resultLabel.Text = e.ProgressPercentage.ToString()+"%";
}

private void backgroundWorker1_RunWorkerCompleted(object sender,
RunWorkerCompletedEventArgs e)
{
    if (flag == 1)
    {
        progressBar1.Visible = false;
        resultLabel.Visible = false;
        Redpercent.Text = Redpercent.Text;
        WhitePercent.Text = WhitePercent.Text;
        progressBar1.Value = 0;
        resultLabel.Text = "";
        flag = 0;
    }
    else
    {
        double r = 0;
        r = RedPixel;
        RedPixel = RedPixel + redCount1;
        WhitePixel = WhitePixel + Height * Width - countWhite1 - redCount1;
        Redpercent.Text = String.Format("{0:0.00}", RedPixel * 100 / (RedPixel +
WhitePixel));
        WhitePercent.Text = String.Format("{0:0.00}", 100 - (RedPixel * 100 /
(WhitePixel + RedPixel)));
        progressBar1.Visible = false;
        resultLabel.Visible = false;
        progressBar1.Value = 0;
        resultLabel.Text = "";
    }
}

private void Cancel_Click(object sender, EventArgs e)
{
    backgroundWorker1.CancelAsync();
    flag = 1;
    progressBar1.Visible = false;
    resultLabel.Visible = false;
    Redpercent.Text = Redpercent.Text;
    WhitePercent.Text = WhitePercent.Text;
}
}
}

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Внедрение результатов исследований в практическую деятельность

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.А. ВАГНЕРА»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера  
Минздрава России)  
ИНН 5902290120/КПП 590201001  
ОГРН 1025900528873  
ОКПО 01963404 ОКТМО 57701000  
614990 г. Пермь, ул. Петропавловская, 26  
Тел. (342) 217-20-20, факс (342) 217-20-21  
Телефон для справок: (342) 212-04-04  
E-mail: rector@psma.ru

На № 31.08.2018 от № 6276

«УТВЕРЖДАЮ»  
Начальник Управления  
по образовательной деятельности  
ФГБОУ ВО ПГМУ  
им. академика Е.А. Вагнера  
Минздрава России,  
доктор медицинских наук, профессор

  
М.Ф. Заривчацкий

«31» августа 2018 г.

## Акт внедрения в учебный процесс

1. Наименование предложения для внедрения: «Способ оценки эффективности работы силивинитовых сооружений», патент РФ на изобретение № 2639511 от 21.12.2017 г., зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ.
2. Авторы изобретения: Л.В.Кириченко д.м.н., доцент кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера, Ю.Н. Маслов д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЦНИЛ, профессор кафедры микробиологии и вирусологии ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера, В.П.Хохрякова ассистент кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера, В.А.Черешнев д.м.н., академик Российской академии наук, заведующий кафедрой микробиологии и иммунологии ПГНИУ, В.Г.Баранников д.м.н., профессор, заведующий кафедрой коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера, С.А.Варанкина, старший лаборант кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера, С.В.Дементьев, директор ООО НПК «Лечебный климат».
3. Форма внедрения: методика используется в учебном процессе студентов медико-профилактического факультета на кафедре микробиологии и вирусологии ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России, на элективном курсе «Санитарная микробиология».

Зав. кафедрой микробиологии и вирусологии,  
заслуженный деятель науки РФ, д.м.н., профессор

  
Э.С.Горовиц

Учебный доцент кафедры микробиологии  
и вирусологии, к.м.н., доцент

  
Е.В.Афанасьевская



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.А. ВАГНЕРА»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера  
Минздрава России)  
ИНН 5902290120/КПП 590201001  
ОГРН 1025900528873  
ОКПО 01963404 ОКТМО 57701000  
614990 г. Пермь, ул. Петропавловская, 26  
Тел. (342) 217-10-31, факс (342) 217-10-30  
Телефон для справок: (342) 212-04-04  
E-mail: rector@psma.ru

04.09.2018 № 6402  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления по  
Образовательной деятельности  
ФГБОУ ВО ПГМУ

им. академика Е.А. Вагнера  
Минздрава России,  
доктор медицинских наук, профессор

М.Ф. Заривчацкий  
04 сентября 2018 года



### Акт внедрения

1. Наименование предложения для внедрения: «Сильвинитовое физиотерапевтическое помещение». Патент на полезную модель № 146206 от 02.09.2014 года зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ.

2. Авторы изобретения: С.В. Дементьев, директор ООО НПК «Лечебный климат», г. Чайковский; В.Г. Баранников, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ; Л.В. Кириченко, д.м.н., доцент кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ; В.А. Черешнев, академик РАН и РАМН; Л.Е. Леонова, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии ФДПО ПГМУ; Л.В. Омарова; С.А. Варанкина, ст. лаборант кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ; В.П. Хохрякова, ст. лаборант кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда ПГМУ.

3. Форма внедрения: методика используется в учебном процессе студентов на кафедре коммунальной гигиены и гигиены труда медико-профилактического факультета ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера МЗ РФ, на элективном курсе «Гигиенические основы спелеотерапии».

Заведующий кафедрой коммунальной гигиены  
и гигиены труда ФГБОУ ВО ПГМУ  
им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России,  
д.м.н., профессор

В.Г. Баранников

д.м.н., профессор кафедры коммунальной гигиены  
и гигиены труда ФГБОУ ВО ПГМУ  
им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России

Л.В. Кириченко







ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ  
**ЛЕЧЕБНЫЙ КЛИМАТ**

г. Чайковский, Пермский край

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ООО НПК  
«Лечебный Климат»

 С.В. Дементьев

«03» мая 2018 г.

### АКТ

внедрения в практическую деятельность результатов диссертационной работы В.П.

Хохряковой «Гигиеническая оценка эффективности работы сооружений из природных соляных минералов для обеспечения оптимальных условий эксплуатации»

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: председателя – директора ООО НПК «Лечебный Климат» С.В. Дементьева, членов комиссии: заместитель директора по маркетингу ООО НПК «Лечебный Климат» Столбова Ольга Георгиевна, начальник участка ООО НПК «Лечебный Климат» Килин Алексей Сергеевич, удостоверяем, что результаты диссертационной работы В.П. Хохряковой «Гигиеническая оценка эффективности работы сооружений из природных соляных минералов для обеспечения оптимальных условий эксплуатации» используются для создания оптимальных условий внутренней среды сильвинитовых соляных сооружений, прогнозирования эффективности их функционирования на этапе проектирования, а также для оценки их эффективности в условиях ГБУЗ ПК «Чайковская городская поликлиника №1».

Председатель



С.В. Дементьев

Члены комиссии

О.Г. Столбова

А.С. Килин

Юридический адрес: 617760, Пермский край, г. Чайковский, район Полуостров

Почтовый адрес: 617763, Пермский край, г. Чайковский – 3, а/я № 91

Тел./факс: (34241) 2-20-24, тел. 2-20-90

Е-mail: 22090@silvin.ru, Site: www.silvin.ru

Расчет./счет 40702810349470110437

Корр. / счет 30101810900000000603 Западно-Уральский банк ПАО «Сбербанк России» г. Пермь  
БИК 045773603 ИНН 5920017325 КПП 592001001 ОГРН 1025902035829 ОКПО 56795537



УТВЕРЖДАЮ:  
 Директор, гл. врач ООО  
 «СоЗвездие»  
*А.П. Бочаров*  
 «10» июля 2018 г.

### АКТ

внедрения в практическую деятельность результатов диссертационной работы  
 В.П. Хохряковой «Гигиеническая оценка эффективности работы сооружений из  
 природных соляных минералов для обеспечения оптимальных условий эксплуатации»

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: председателя – директора, главного врача ООО Лечебно-оздоровительный центр «СоЗвездие» А.П. Бочарова, членов комиссии – бухгалтер ООО ЛОЦ «СоЗвездие» Степанова Нина Вячеславовна, терапевт ООО ЛОЦ «СоЗвездие» Дорофеев Андрей Петрович, удостоверяем, что результаты диссертационной работы В.П. Хохряковой «Гигиеническая оценка эффективности работы сооружений из природных соляных минералов для обеспечения оптимальных условий эксплуатации» используются для создания оптимальных условий внутренней среды сильвинитового соляного сооружения, а также для оценки его эффективности в условиях ООО Лечебно-оздоровительный центр «СоЗвездие».

Председатель

Члены комиссии



*А.П. Бочаров*  
 А.П. Бочаров

*Н.В. Степанова*  
 Н.В. Степанова

*А.П. Дорофеев*  
 А.П. Дорофеев