

УДК 613.1:612.014.463(470.53)

DOI 10.17816/pmj353106-111

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ЗАПАДНОГО УРАЛА

*В.Г. Баранников, Л.В. Кириченко, Е.А. Рязанова, Д.А. Сидорова,  
С.А. Селиванова \*, В.П. Хохрякова*

*Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера, Россия*

## HYGIENIC STUDY OF WEST URAL POTASSIUM SALT NATURAL FACTORS

*V.G. Barannikov, L.V. Kirichenko, E.A. Ryazanova, D.A. Sidorova,  
S.A. Selivanova\*, V.P. Khokhbryakova*

*Academician Ye.A. Vagner Perm State Medical University, Russian Federation*

---

Изложены основные этапы становления спелеотерапии на Западном Урале, знание которых необходимо для совершенствования системы профессиональной подготовки врачей-экспертов санитарной службы.

**Ключевые слова.** Гигиена калийных рудников, спелеостационар, сильвинитотерапия.

The presented review gives the main stages of speleotherapy formation in West Ural, the knowledge of which is necessary for improvement of the system of professional training of physicians – experts in sanitary service.

**Key words.** Potassium mine hygiene, speleological hospital, sylvinite therapy.

---

В Пермском крае было открыто крупнейшее в мире Верхнекамское месторождение калийных солей (1925 г.). Начиная с первых дней работы Соликамского калийного рудника (1932 г.), проводились гигиенические исследования условий труда шахтеров при добыче основного минерала сильвинита. Он состоит из сильвина и галита, содержит: хлористый калий (20–40 %),

хлористый натрий (58–78 %), сернистый кальций (0,1–0,9 %), хлористый магний (0,1–0,2 %) [1].

Представленный обзор посвящен гигиенической оценке естественных факторов подземной среды калийных рудников, на формирование которых оказывают влияние физико-химические свойства добываемого сильвинита, а также оценке их воздействия

---

© Баранников В.Г., Кириченко Л.В., Рязанова Е.А., Сидорова Д.А., Селиванова С.А., Хохрякова В.П., 2018  
тел.: +7 342 212 10 07

e-mail: varankina\_88@mail.ru

[Баранников В.Г. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой коммунальной гигиены и гигиены труда; Кириченко Л.В. – доктор медицинских наук, профессор кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда; Рязанова Е.А. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда; Сидорова Д.А. – ассистент кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда; Селиванова С.А. (\*контактное лицо) – аспирант кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда; Хохрякова В.П. – старший лаборант кафедры коммунальной гигиены и гигиены труда].

на организм добровольцев, лабораторных животных и пациентов.

При изучении естественных факторов выработок одного из Верхнекамских рудников были установлены специфические физико-химические свойства сильвинитовой породы: высокая теплопроводность, влияющая на формирование субнормального микроклимата, участие в химических процессах превращения газов и образовании соляного аэрозоля, способность изменять аэроионный состав подземного воздуха, оказывающие биопозитивное воздействие на пациентов [17].

Микроклиматические параметры рудничной атмосферы находились в зависимости от свойств воздуха, поступающего с поверхности, глубины залегания и температуры горных пород, а также состояния массообменных процессов, мощности и расположения местных источников тепловыделений. Теплофизические свойства калийных солей характеризовались интенсивной теплопроводностью сильвинитовой породы (898 ккал/м·ч·°С). Коэффициент теплопроводности сильвинита составлял 2,6–6,0 Вт/м·к. При движении воздуха по выработкам шахты микроклиматические показатели претерпевали существенные изменения. В теплое время года поступающий воздух постепенно охлаждался до температуры соляного массива, происходила конденсация водяных паров и стабилизация относительной влажности воздуха. В холодное время года эти взаимосвязанные процессы протекали в обратном порядке. Часть тепла парообразования, участвующего в становлении концентрации водяных паров на постоянном уровне, затрачивалась на растворение солей и образование рассолов на поверхности минерала, которые способствовали реакциям хемосорбции. Совокупность данных процессов способствовала формированию специфического субнормаль-

ного микроклимата калийных рудников с температурой воздуха и ограждений 8–10 °С, низкой относительной влажностью (до 40 %). Данные условия приводили к значительному напряжению терморегуляционных механизмов организма шахтеров и общему охлаждению [4].

Исследования радиационного фона подземной среды установили наличие у природных калийных солей естественной радиоактивности, не превышающей гигиенических норм и являющейся следствием присутствия в руде радиоактивных изотопов (K-40, Ra, Th и др.). Данная особенность способствовала образованию положительных и отрицательных аэроионов из молекул воздуха под действием слабого ионизирующего излучения. Оценка количественного состава аэроионов в калийных рудниках показала их превышение по сравнению с атмосферным воздухом в 4 раза и преобладание легких ионов с отрицательным знаком. Коэффициент униполярности был меньше единицы, указывая на благоприятный аэроионизационный состав воздушной среды выработок [7].

Изучение динамики преобразования химических веществ в воздухе рудника выявило особенности влияния калийных солей Верхнекамья на протекание процессов гидратации, кристаллизации и хемосорбции газообразных веществ. Данные изменения были обусловлены независимо протекающими механизмами: конвективно-диффузионным массопереносом и массопередачей растворенных в воздухе примесей к поглощающим поверхностям. На величину массопередачи оказывали влияние внутренний состав вмещающей породы, аэроионизационная обстановка выработки, а также подземный микроклимат. Внутри кристаллов и в межкристаллическом пространстве породы была

обнаружена обезвоженная белковая масса, которая активно сорбировала окиси азота и углерода, образующиеся в большом количестве после работ по добыче минерала. Также во вторичных реакциях превращения загрязнений рудничной атмосферы участвовал специфический микроклимат выработки, обусловленный высокой гигроскопичностью и растворимостью вмещающей породы (газообмен усиливался при увеличении относительной влажности воздуха). В результате данных процессов происходило очищение подземного воздуха от большинства вредных химических соединений и примесей [8].

Исследования подземной среды выработок выявили наличие в воздухе калийных рудников многокомпонентного высокодисперсного аэрозоля сильвинита, состоящего из хлоридов калия, натрия и магния, частицы которого имели полиморфные и заостренные края. Такие особенности аэрозольных частиц способствовали их глубокому проникновению в дыхательные пути. Анализ установил низкие уровни заболеваемости шахтеров с временной утратой трудоспособности бронхиальной астмой и хроническим обструктивным бронхитом [6].

Также изучали влияние калийных солей Верхнекамского месторождения на физиологические реакции организма лабораторных животных, которых помещали на различных воздушных струях. Их длительное нахождение в руднике не приводило к нарушениям функционального состояния основных систем организма и биохимических показателей. Отмечалось уменьшение частоты дыхания с одновременным увеличением дыхательного объема. Гистологические исследования различных органов крыс не выявили каких-либо выраженных морфологических изменений [19].

Проводили комплексные физиологические исследования влияния рудничной атмосферы на организм человека. За время шестичасового пребывания добровольцев в специально оборудованной тупиковой горной выработке без дополнительной подачи воздуха не происходило существенных изменений показателей микроклимата, пропорционально возрастала концентрация углекислого газа, не выходящая за пределы допустимого уровня, антропоксины (аммиак, спирты, кетоны) отсутствовали во всех пробах. Окисляемость воздуха, уровни микробного загрязнения находились в пределах гигиенических норм. Физиологические исследования функционального состояния организма испытуемых не выявили изменений со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В динамике эксперимента полностью отсутствовали жалобы на неприятные ощущения, духоту и запахи [13, 14, 16].

Результаты изучения естественной подземной среды калийных рудников Западного Урала и ее влияния на физиологические реакции организма человека послужили основанием для оценки возможности использования выработок Верхнекамского месторождения в лечебно-профилактических целях. В 1977 г. была открыта первая в мире спелеолечебница для лечения и профилактики аллергических заболеваний органов дыхания в действующем калийном руднике Первого Березниковского рудоуправления [3, 5, 10, 15].

Подземный стационар был размещен на глубине 280 метров от дневной поверхности. Изучение гигиенических условий внутренней среды спелеостационара включало в себя оценку радиационного фона, аэроионизации, микроклимата, санитарно-химического состава воздуха и микробного загрязнения. Ра-

диологические измерения позволили установить различия уровней гамма- и бета-излучений непосредственно на поверхности сильвинитовой породы и на некотором удалении от нее. Показатели гамма-фона не выходили за пределы допустимых значений. Содержащийся в естественной калийной соли радиоактивный элемент К-40 (0,01 %) активно способствовал ионизации подземного воздуха. Количество легких отрицательных аэроионов значительно превышало положительные. Расчетный коэффициент униполярности был меньше единицы, указывая на благоприятную аэроионизационную среду.

Микроклимат лечебницы характеризовался постоянством в течение всего года (температура воздуха – 17 °С, скорость движения – 0,15 м/с, относительная влажность – 60–80 %, барометрическое давление – 760–780 мм рт. ст.). Санитарно-химический анализ воздуха выявил наличие единичных проб, содержащих оксиды азота и углерода в концентрациях, не превышающих предельно допустимые. Микробиологические исследования показали высокую степень чистоты воздушной среды спелеолечебницы. Длительное нахождение большого количества пациентов и обслуживающего персонала в подземном стационаре увеличивало бактериальную загрязненность в среднем в 2 раза, однако все бактериологические показатели не превышали допустимые уровни [2, 9, 12].

Лечение состояло из ежедневного нахождения 30 больных в палатах стационара в течение 12 часов (с 19:00 до 7:00 утра), курс – от 18 до 23 дней. Обследование пациентов с бронхиальной астмой, хроническим бронхитом, полинозами и риносинуситами, прошедших курс спелеотерапии, выявило значительное улучшение параметров дыхательной функции. У больных бронхиаль-

ной астмой и хроническим обструктивным бронхитом достоверно возрастала максимальная вентиляция и жизненная емкость легких, мощность выдоха. Положительные сдвиги функционального состояния органов дыхания и нормализация реактивности бронхов приводили к изменению условий гемодинамики в малом круге кровообращения, снижению повышенного давления в системе легочной артерии, улучшению сократительной способности миокарда [8].

Изучение клинико-физиологических особенностей влияния подземного стационара на больных с заболеваниями органов дыхания аллергической этиологии позволило выделить несколько звеньев патогенетического лечебного эффекта.

Аэроионизация с преобладанием отрицательно заряженных легких ионов снижала нервную возбудимость, нормализовала сон, повышала общий тонус организма. Клинически наблюдалось улучшение электролитного обмена, тканевого дыхания, кроветворения, усвоения кислорода тканями. Отмечалось антиоксидантное, бактериостатическое действия, снижение скорости оседания эритроцитов. При воздействии аэроионов на организм пациентов образующиеся химически активные атомы и молекулы активизировали местные метаболические процессы, иммуногенез, трофические и репаративные процессы в тканях, вызывая расширение артериол и усиление локального кровотока, что снижало интенсивность местных воспалительных процессов. Уменьшение выраженности или ликвидация патологических сдвигов в нервной, иммунной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах снижало нагрузку на эндокринное звено гомеостаза.

Влияние высокодисперсных аэрозолей хлористого калия и натрия на слизистую

оболочку верхних дыхательных путей приводило к разжижению и удалению мокроты, улучшая проходимость дыхательных путей, функции внешнего дыхания. Положительные сдвиги в функциональном состоянии органов дыхания, нормализация реактивности бронхов способствовали эффекту элиминации аллергенов и снижению сенсибилизации организма, уменьшению или ликвидации воспаления в бронхолегочном аппарате, улучшению показателей естественного иммунитета [20].

Многофакторное воздействие внутренней среды подземного стационара способствовало уменьшению или исчезновению клинических проявлений заболевания, нормализации функций центральной нервной системы, значительному общетерапевтическому эффекту. После спелеотерапии положительные отдаленные последствия сохранялись у большинства пациентов на протяжении 1–3 лет [5].

Однако лечение в спелеостационаре было связано с рядом трудностей: сложность конструирования и эксплуатации санитарно-технического оборудования, соблюдение санитарно-эпидемиологического режима, психоэмоциональное воздействие подземных условий на пациентов, ограниченная вместимость, необходимость тщательного отбора пациентов с учетом возрастных особенностей. В связи с этим сотрудниками медицинского университета и горными инженерами была разработана климатическая камера (авторское свидетельство № 1068126), моделирующая подземные условия калийного рудника на поверхности, что позволило расширить практику лечения заболеваний разнообразной этиологии у пациентов различного возраста и физического состояния [11, 18].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баранников В.Г.* Гигиеническая оценка микроклимата калийного рудника и его влияния на функциональное состояние шахтеров: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М. 1968; 21.

2. *Баранников В.Г.* Гигиеническая характеристика подземного стационара в действующем калийном руднике. Вопросы гигиены труда и здоровье промышленных рабочих: материалы областной науч.-практ. конф. Пермь 1997; 76–79.

3. *Баранников В.Г.* Использование естественных факторов калийных рудников в лечебных целях. Профилактическая медицина. Состояние и перспективы. Л. 1991; 193–194.

4. *Баранников В.Г.* О профилактике охлаждения рабочих в калийной шахте. Вопросы общей и промышленной гигиены. Пермь 1965; 45–47.

5. *Баранников В.Г.* Спелеолечебница в калийном руднике и ее моделирование на поверхности (гигиенические и экспериментально-клинические аспекты): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Пермь 1995; 40.

6. *Баранников В.Г., Вишневецкая Н.Л., Филимонов В.И.* Характеристика заболеваемости основных профессиональных групп горнорабочих буровзрывных участков калийного рудника. Актуальные вопросы гигиены труда. Пермь 1985; 59–61.

7. *Баранников В.Г., Донской Б.П., Чекина Н.Л.* Радиологические исследования в калийных рудниках. Материалы научно-практической конференции, посвященной 60-летию санэпидслужбы. Пермь 1982; 54–55.

8. *Баранников В.Г., Красноштейн А.Е., Папулов Л.М., Туев А.В., Черешнев В.А.* Спелеотерапия в калийном руднике. Екатеринбург: Изд-во Уро РАН, 1996: 173.

9. Баранников В.Г., Мезенцева Е.В., Благинина Н.П. Микробиологическая оценка состояния воздушной среды спелеопалат. Гигиенические аспекты среды обитания и здоровье населения: сб. науч. тр. Пермь 1997; 211–213.
10. Баранников В.Г., Старцев В.А. Применение горных выработок калийного рудника в спелеотерапии. Здоровье человека и экологические проблемы. Киров 1991; 55–56.
11. Баранников В.Г., Старцев В.Г., Красноштейн А.Е., Вишневская Н.Л. Разработка устройства по моделированию условий подземных лечебниц. Естественные науки – здравоохранению. Пермь 1987; 110.
12. Баранников В.Г., Чекина Н.Л. Гигиеническое изучение условий формирования воздушной среды подземной лечебницы. Вопросы гигиены, эпидемиологии, микробиологии, вирусологии, инфекционной патологии. Пермь 1982; 15–16.
13. Баранников В.Г., Чекина Н.Л. Физиолого-гигиенические исследования процесса самоочищения воздуха в горных выработках калийного рудника. Аккумуляция зимнего холода в горных породах и его использование в народном хозяйстве. Пермь 1981; 99–101.
14. Баранников В.Г., Чекина Н.Л., Старцев В.А. Гигиенические исследования воздушной среды изолированного пространства калийного рудника. Разработка соляных месторождений. Пермь 1983; 115–119.
15. Баранников В.Г., Чекина Н.Л., Черешнев В.А. Подземный стационар в калийном руднике (ВДНХ СССР). Пермь 1981; 4.
16. Вишневская Н.Л., Баранников В.Г., Ощепкова Н.З., Нохрина Л.М. Бактериологические исследования естественных факторов воздушной среды калийного рудника. Санитарно-гигиенические методы исследований. Пермь 1987; 82–83.
17. Вишневская Н.Л., Баранников В.Г., Старцев В.А., Нохрина Л.М. Гигиенические исследования естественных факторов воздушной среды калийного рудника. Комплексное освоение недр и охрана окружающей среды. Пермь 1987; 65–66.
18. Старцев В.Г., Красноштейн А.Е., Баранников В.Г. О проектировании климатической камеры. Технология подземной разработки калийных месторождений. Межвузовский сборник научных трудов ППИ. Пермь 1988; 138–142.
19. Черешнев В.А., Баранников В.Г. Влияние подземной атмосферы калийного рудника на функциональное состояние экспериментальных животных. Проблемы безопасности при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в зонах градопромышленных агломераций: междунар. симп. SPM-95, Москва – Пермь. Пермь 1995; 141–142.
20. Черешнев В.А., Баранников В.Г., Кириченко Л.В., Дементьев С.В. Физиолого-гигиеническая концепция спелео- и солелечения. Екатеринбург: РИО УрО РАН 2013; 203.

Материал поступил в редакцию 26.03.2018