

Новая технология имеет следующие преимущества и отличия от традиционной схемы сернокислотного выщелачивания [2, 3]: а) сернокислотное выщелачивание проводится отходами производства – отработанными травильными растворами; б) очистка раствора цинкового купороса от меди проводится отходами производства – цинковой изгарью; в) окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} проводится отходами производства – отработанным хромовым электролитом; г) предложенная схема утилизации отходов решает экологическую проблему по очистке воздуха, природной воды и почвы Урала. Схема утилизации отходов позволяет получать товарные продукты: технический цинковый купорос, соответствующий ГОСТ, и порошковую медь.

Заключение

1. Сернокислотное выщелачивание с последующей очисткой раствора от примесей рекомендовано как способ переработки пылевидных, жидких и твердых медно-цинковых отходов заводов ОЦМ.

2. Изучена кинетика взаимодействия серной кислоты с медно-цинковой пылью латунного производства.

3. Впервые предложено описание кинетики растворения цинк-содержащих материалов в серной кислоте уравнениями (1) и (2), рассчитаны содержания веществ и скорость реакции для всего периода взаимодействия, проведена оценка количества стадий, продолжительности, глубины и эффективности взаимодействия.

4. Установлены оптимальные условия сернокислотного выщелачивания Zn-содержащих пылей латунного производства.

5. Предложена четырех-стадийная схема переработки медно-цинковых отходов заводов ОЦМ.

6. Комплексная переработка отходов уменьшит загрязнение окружающей среды отходами производства цветных металлов, ликвидирует длительное складирование цинковых пылей, уменьшит затраты на нейтрализацию и обезвреживание отработанных растворов, позволит получить товарные продукты (технический цинковый купорос и порошковую медь).

7. Технологическая схема подтверждена лабораторными и укрупненно-лабораторными испытаниями. Экономический эффект от внедрения предложенной схемы по расчетам составляет 13,3 млн. руб. в год.

8. Результаты исследования доложены на техническом совете завода ОЦМ г. Ревды; технологическая схема принята к рассмотрению с целью внедрения на этом предприятии после окончания реконструкции системы газоочистки плавильного цеха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паюсов С.А., Халемский А.М. Прикладная химическая кинетика. – Екатеринбург: Кедр, 1994, 508 с.
2. Процессы и аппараты цветной металлургии / Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П., Жуков В.П., Елисеев Е.И., Карелов С.В., Лебедь А.Б., Мамяченков С.В. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. - С.496-674.
3. Комплексная переработка цинк- и свинецсодержащих пылей предприятий цветной металлургии. / Карелов С.В., Мамяченков С.В., Набойченко С.С., Якорнов С.А., Усов С.П. – М.: ЦНИИЭИцветмет, 1996. – 40 с.

*О.Г. Макеев, П.А. Ошурков,
Н.Н. Ванчугова, В.А. Буханцев,
И.Х. Измайлов, С.В. Костюкова, И.В. Гаврилов*

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ИНДУЦИРОВАННОЙ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Уральская государственная медицинская академия, Свердловский областной клинический психоневрологический госпиталь для ветеранов войн

С явлением хемилюминесценции (ХЛ), известным с давних времен [4], до сих пор связываются большие надежды в диагностике различных патологических состояний [2;4]. ХЛ представляет собой свечение, сопровождающее химические реакции с выделением значительного количества энергии возбуждения продуктов реакции. Если хотя бы часть актов дезактивации возбужденных частиц сопровождается электромагнитным излучением, возникает ХЛ. При этом вероятность преобразования химической энергии в энергию излучения зависит от типа реакции, температурных эффектов, характеристик реагентов, продуктов реакции и реакционной среды [4]. Особый интерес вызывает собственное ("сверхслабое") свечение исследуемых клеток и тканей, которое обусловлено реакциями свободных радикалов [2].

Вместе с тем оценка интенсивности ХЛ, методически разработанная более 60 лет назад, до сих пор не получила широкого распространения в медицине. Данный феномен связан с противоречивостью результатов, получаемых при измерении ХЛ биологических образцов. В свою очередь, результаты измерения индуцированной ХЛ зачастую варьируют в широких пределах, поскольку на величину ХЛ влияет содержание в образце дополнительных субстратов ХЛ (гемоглобина, липопротеинов, незэтерифицированных жирных кислот, а также их адсорбтивов на альбуминах и др.) [5].

Это обуславливает актуальность разработки математического алгоритма, позволяющего оценить величину истинной ХЛ и объективизирующего оценку результатов измерения ХЛ.

Цель исследования – разработка математического алгоритма оценки результатов измерения индуцированной биохемилюминесценции.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служила кровь 60 инбредных белых крыс-самцов, ранее использовавшаяся для оценки повреждающего действия монацитового песка в совместном исследовании, проводимом Отделом молекулярных медицинских технологий и Екатеринбургским медицинским научным центром профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий Роспотребнадзора [3]. Экспериментальных животных подвергали воздействию мелкодисперсной взвеси монацитового песка, обладающей комплексным повреждающим эффектом при введении интратрахеально в дозе 50 мг/крысу, с целью оценки степени повреждения генетического аппарата клеток и репаративного эффекта исследуемых препара-

ратов [3]. Экспериментальные животные были разделены на шесть групп [3]: 1 группа - с введением взвеси монацитового песка (11 крыс); 2 группа - животные, подвергшиеся воздействию взвеси монацитового песка и ежедневно получавшие витаминно-минеральный комплекс (далее ВМК) (7 крыс); 3 группа - крысы, подвергшиеся запылению монацитовым песком и получавшие ежедневно ВМК и препарат «Эйкозавитол» (7 крыс); 4 группа - животные, подвергшиеся воздействию монацитового песка и получавшие только «Эйкозавитол» (12 крыс); 5 группа - контроль на воздействие препаратов - получавшие ежедневно ВМК и препарат «Эйкозавитол» (13 крыс); 6 группа - интактный контроль (10 крыс).

По завершении генетических исследований оставшаяся плазма крови животных использовалась для определения ряда биохимических показателей, позволивших рассчитать величину истинной ХЛ по каждой группе.

В плазме определяли индуцированную перекисью водорода хемиллюминесценцию (люминометр-фотометр Lucy 3 Anthos Labtec Instruments, Австрия). Результаты исследования получали в виде графика зависимости интенсивности свечения от времени. Учитывался показатель светосуммы ХЛ, который отражает соотношение в образце про- и антиоксидантов, а уровень свечения образца в каждый момент времени - скорость рекомбинации свободных радикалов [5].

Дополнительно проводилось определение концентраций возможных побочных субстратов ХЛ, таких как общий белок, холестерин (ХС), триглицериды (ТГ). Биохимический анализ плазмы крови проводился на базе Свердловского областного клинического психоневрологического госпиталя для ветеранов войн на анализаторе Chem Well (Combi, США).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Значения, полученные при анализе плазмы крови по экспериментальным группам (n = 60), представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что отдельно от других показателей уровень ХЛ в отношении характера действия повреждающего

фактора и исследуемых репарагенов является малоинформативным. В литературе описаны попытки оценить по показателю ХЛ количество свободных радикалов в организме. По нашему мнению, такой подход является необоснованным, поскольку период существования свободного радикала обычно ограничивается сотыми долями секунды, а определение значения ХЛ как правило отсрочено от времени забора биологического образца на различный временной период. По видимому, показатель ХЛ плазмы в исходном виде может свидетельствовать лишь о неопределенных процессах, произошедших в исследуемом организме к моменту изъятия образца крови.

Как уже говорилось ранее, на величину ХЛ могут влиять не только незастерифицированные жирные кислоты (НЭЖК) крови, но и содержащийся в ней гемоглобин, белки, триглицериды и другие дополнительные субстраты перекисного окисления (далее ДСПО), а также естественные антиоксиданты, такие как аскорбиновая кислота, некоторые витамины, билирубин, мочевина, глутатион, попадающие в кровь при повреждении клеток. Поэтому внесение поправочных коэффициентов к полученным значениям с учетом количества общих белков, холестерина и триглицеридов может рассматриваться как упрощенный алгоритм объективизации показателя ХЛ. Такой подход позволяет более точно определить динамику процентного изменения величины ХЛ НЭЖК (далее истинная ХЛ), однако не дает возможности определить абсолютные значения ХЛ НЭЖК, что исключает возможность соотнесения полученных результатов с другими исследованиями. Для расчета абсолютных значений истинной ХЛ необходимо проведение масштабных исследований, направленных на определение коэффициентов пересчета долевого содержания (концентрации) каждого ДСПО в абсолютное значение ХЛ для данного субстрата.

С целью упрощения расчетов, за основу предлагаемого подхода приняты два допущения:

1. Все рассматриваемые вещества являются равноценными субстратами перекисного окисления, т.е. с равной вероятностью включаются в этот процесс.

2. Величина индуцированной ХЛ, приходящаяся на каждый ДСПО прямо пропорциональна концентрации этого субстрата в образце.

Таблица 1

Биохимические показатели плазмы крови крыс по экспериментальным группам

	Группы					
	1	2	3	4	5	6
Белок общий, г/л	69,6± 3,48*	66,7± 3,34*	65,53± 3,28*	66,38± 3,32*	64,13± 3,21**	61,23± 3,06**
Холестерин, ммоль/л	1,86± 0,09*	1,88± 0,09*	1,46± 0,07***	1,51± 0,08***	1,52± 0,08**	1,54± 0,08**
Триглицериды	1,19± 0,06*	1,07± 0,05***	0,76± 0,04**	0,68± 0,03***	0,73± 0,04**	0,79± 0,04**
Хемиллюминесценция	0,132± 0,01*	0,187± 0,01***	0,244± 0,01***	0,158± 0,01***	0,194± 0,01***	0,230± 0,01**

* - достоверность отличий (p ≤ 0,05) по сравнению с 6 группой.

** - достоверность отличий (p ≤ 0,05) по сравнению с 1 группой.

Расчет процентного вклада ДСПО (далее предельная ХЛ) в показатель общей ХЛ (исходное значение ХЛ), например общего белка, требует принятия за точку отсчета значения предельной ХЛ по 6-й группе экспериментальных животных (группа интактного контроля), которая составит 0%. Тем самым концентрация общего белка 61,23 г/л за счет участия последнего в процессах перекисного окисления обеспечивает некоторую величину ХЛ, принятую нами за ноль. Согласно второму допущению, процентное увеличение/уменьшение концентрации общего белка каждой группы (по отношению к группе интактного контроля) будет соответствовать процентному увеличению/уменьшению величины ХЛ, обеспеченной этим ДСПО. Для удобства увеличение показателя по отношению к 6-й группе в таблице 2 будет характеризоваться положительными значениями, а уменьшение показателя – отрицательными значениями.

Последовательность расчета предельной ХЛ для каждого ДСПО может быть выражена формулой:

$$ХЛ_{пр} = ((C_{иссл.гр.} - C_{и.к.}) / C_{и.к.}) \times 100\%; \quad (1)$$

где: ХЛ_{пр} – значение предельной ХЛ для исследуемого показателя; C_{иссл.гр.} – концентрация исследуемого вещества в плазме соответствующей группы животных; C_{и.к.} – концентрация исследуемого вещества в плазме животных группы интактного контроля.

Тем самым, расчет предельной ХЛ по общему белку для исследуемых групп будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} ХЛ_{пр}(1 \text{ гр., общ. белок}) &= ((69,60 - 61,23) / 61,23) \times 100\% = 8,37 / 61,23 \times 100\% = 13,67\%; \\ ХЛ_{пр}(2 \text{ гр., общ. белок}) &= ((66,70 - 61,23) / 61,23) \times 100\% = 5,47 / 61,23 \times 100\% = 8,93\%; \\ ХЛ_{пр}(3 \text{ гр., общ. белок}) &= ((65,53 - 61,23) / 61,23) \times 100\% = 4,30 / 61,23 \times 100\% = 7,02\%; \\ ХЛ_{пр}(4 \text{ гр., общ. белок}) &= ((66,38 - 61,23) / 61,23) \times 100\% = 5,15 / 61,23 \times 100\% = 8,41\%; \\ ХЛ_{пр}(5 \text{ гр., общ. белок}) &= ((64,13 - 61,23) / 61,23) \times 100\% = 2,90 / 61,23 \times 100\% = 4,74\%. \end{aligned}$$

Вторым этапом является пересчет процентных значений предельных ХЛ всех ДСПО в абсолютные значения по интактному контролю, принятому за точку отсчета. Для этого, опираясь на первое допущение, может быть применена формула:

$$ХЛ_{абс.} = ХЛ_{пр.иссл.гр.} / 100 \times ХЛ_{исходн.}; \quad (2)$$

где ХЛ_{абс.} – значение абсолютной ХЛ по интактному контролю для исследуемого показателя; ХЛ_{пр.иссл.гр.} – значение предельной ХЛ для исследуемого показателя каждой группы; ХЛ_{исходн.} – исходное (интегральное) значение ХЛ для группы.

Так, расчет абсолютной ХЛ по общему белку для 3-й группы может быть представлен следующими значениями:

По аналогии рассчитывается показатель абсолютной ХЛ для каждой группы всех рассматриваемых

ДСПО. Полученные значения представлены в таблице 2 в графах «Предельный вклад ДСПО в изменение ХЛ (в абсолютных значениях от интактного контроля)».

$$\begin{aligned} ХЛ_{абс.}(1 \text{ гр., общ. белок}) &= 13,67 / 100 \times 0,132 = 0,0180444; \\ ХЛ_{абс.}(2 \text{ гр., общ. белок}) &= 8,93 / 100 \times 0,187 = 0,0166991; \\ ХЛ_{абс.}(3 \text{ гр., общ. белок}) &= 7,02 / 100 \times 0,244 = 0,0171288; \\ ХЛ_{абс.}(4 \text{ гр., общ. белок}) &= 8,41 / 100 \times 0,158 = 0,0132878; \\ ХЛ_{абс.}(5 \text{ гр., общ. белок}) &= 4,74 / 100 \times 0,194 = 0,0091956. \end{aligned}$$

Для оценки динамики изменения истинной ХЛ по исследуемым группам проводится расчет показателей истинной ХЛ каждой группы животных. С этой целью используется формула, отражающая разнонаправленный вклад ДСПО в показатель ХЛ (ТГ и общий белок увеличивают показатель ХЛ, а ХС – снижает):

$$ХЛ_{ист.(по \text{ группе})} = ХЛ_{исходн.} + ХЛ_{абс.(по \text{ группе}; ХС) - (ХЛ_{абс.(по \text{ группе}; общ. белок) + ХЛ_{абс.(по \text{ группе}; ТГ)}); \quad (3)$$

где ХЛ_{ист.(по группе)} – значение истинной ХЛ по каждой конкретной исследуемой группе; ХЛ_{исходн.} – исходное (интегральное) значение ХЛ для группы; ХЛ_{абс.(по группе; общ. белок)} – значение абсолютной ХЛ по интактному контролю для общего белка рассматриваемой группы; ХЛ_{абс.(по группе; ТГ)} – значение абсолютной ХЛ по интактному контролю для показателя ТГ рассматриваемой группы; ХЛ_{абс.(по группе; ХС)} – значение абсолютной ХЛ по интактному контролю для показателя ХС рассматриваемой группы.

Таким образом были получены следующие значения ХЛ:

$$\begin{aligned} ХЛ_{ист.}(1 \text{ группа}) &= 0,132 + 0,027 - (0,018 + 0,0668) = 0,074549; \\ ХЛ_{ист.}(2 \text{ группа}) &= 0,187 + 0,041 - (0,0167 + 0,0663) = 0,145302; \\ ХЛ_{ист.}(3 \text{ группа}) &= 0,244 + (-0,013) - (0,0171 + (-0,00927)) = 0,223455; \\ ХЛ_{ист.}(4 \text{ группа}) &= 0,158 + (-0,0031) - (0,0133 + (-0,022)) = 0,163633; \\ ХЛ_{ист.}(5 \text{ группа}) &= 0,194 + (-0,0029) - (0,01061 + (-0,017)) = 0,227494. \end{aligned}$$

Путем математических преобразований формул (1), (2) и (3) нами была выведена общая формула (4) пересчета исходной величины ХЛ в значения истинной ХЛ с учетом трех ДСПО (общий белок, ХС, ТГ).

$$ХЛ_{ист.(по \text{ группе})} = ХЛ_{исходн.} (1 + (C_{иссл.гр.ХС} - C_{и.к.ХС}) / C_{и.к.ХС} - (C_{иссл.гр.общ.белок} - C_{и.к.общ.белок}) / C_{и.к.общ.белок} - (C_{иссл.гр.ТГ} - C_{и.к.ТГ}) / C_{и.к.ТГ}); \quad (4)$$

где ХЛ_{ист.(по группе)} – значение истинной ХЛ по каждой конкретной исследуемой группе; ХЛ_{исходн.} – исходное (интегральное) значение ХЛ для группы; C_(и.к.) – концентрация исследуемого вещества в плазме группы интактного контроля; C_{иссл.гр.} – концентрация исследуемого вещества в плазме животных рассматриваемой группы.

Таблица 2

Пересчет полученных показателей ХЛ по исследуемым группам на исследуемые ДСПО

Хемилюминесценция	Группы					
	1	2	3	4	5	6
	0,132± 0,001*	0,187± 0,001***	0,244± 0,001**	0,158± 0,001***	0,194± 0,0004***	0,230± 0,01**
Предельный вклад ХС в изменение ХЛ (в абсол. знач. от инт. контр.)	0,027429 ±0,001*	0,0412857 ±0,002***	-0,0126753 ±0,0006**	-0,0030779 ±0,0001***	- 0,0025195 ±0,0001**	0**
Предельный вклад ТГ в изменение ХЛ (в абсол. знач. от инт. контр.)	0,066835 ±0,003*	0,0662785 ±0,003***	-0,0092658 ±0,0004**	-0,022 ±0,001***	- 0,0147342 ±0,0007**	0**
Предельный вклад общего белка в изменение ХЛ (в абсол. знач. от инт. контр.)	0,018044 ±0,0009*	0,0167057 ±0,001***	0,0171354 ±0,001**	0,0132892 ±0,001***	0,0091883 ±0,0005**	0**
Предельный вклад ХС в изменение ХЛ (в % от инт. контр.)	20,77922 ±1,04*	22,077922 ±1,1***	-5,1948052 ±0,26***	-1,9480519 ±0,1***	- 1,2987013 ±0,06**	0**
Предельный вклад ТГ в изменение ХЛ (в % от инт. контр.)	50,63291 ±2,53*	35,443038 ±1,77***	-3,7974684 ±0,19***	-13,924051 ±0,69***	7,5949367 ±0,38**	0**
Предельный вклад общего белка в изменение ХЛ (в % от инт. контр.)	13,66977 ±0,68*	8,9335293 ±0,45***	7,0227013 ±0,35***	8,4109097 ±0,42***	4,7362404 ±0,24**	0**
Истинная ХЛ (с учетом всех показателей)	0,074549 ±0,004*	0,1453015 ±0,007***	0,2234551 ±0,0111**	0,1636328 ±0,008***	0,227494 ±0,01**	0,23 ±0,01**
Уровень повреждения мембран клеток (в частях от 1)	67,58738 ±3,38*	36,82542 ±1,84***	2,8456057 ±0,14**	28,855287 ±1,44***	1,0895652 ±0,05**	0**

* - достоверность отличий (p ≤ 0,05) по сравнению с 6 группой.

** - достоверность отличий (p ≤ 0,05) по сравнению с 1 группой.

Из таблицы 2 следует, что пересчитанные истинные значения ХЛ в значительной степени отличаются от исходных значений ХЛ. Иначе выглядит и динамика изменения значений ХЛ. По-видимому, полученные значения истинной ХЛ более точно отражают состояние организма экспериментальных животных на момент проведения исследования.

Следующим важным этапом исследования является анализ пересчитанных значений ХЛ. При этом нами не рассматривается возможность оценки количества свободных радикалов в крови экспериментальных животных. Мы предполагаем, что значения истинной ХЛ плазмы следует рассматривать как показатель, свидетельствующий об уровне повреждения мембран клеток организма, что является новым подходом к анализу результатов ХЛ. Согласно последнего, значение ХЛ обратно пропорционально уровню повреждения мембран. Свободные радикалы, активирующие процессы перекисного окисления, приводят к нарушению целостности мембран, основным структурным компонентом которых являются липиды. При этом клеточные элементы, попадающие в исследуемый образец и имеющие высокий уровень повреждения мембран, обуславливают низкую интенсивность индуцированной ХЛ, поскольку поставляют незначительную долю ДСПО. В случае незначительного уровня повреждения мембран, в исследуемом образце имеется большое количество НЭЖК, о чем свидетельствуют высокие показатели истинной ХЛ. Исходя из этого, нами предложена формула для расчета относительного уровня повреждения мембран (по отношению к группе интактного контроля, принятой за точку отсчета):

$$УПМ_{(иссл. группа, \%)} = \frac{(ХЛ_{ист. (по 6 группе)} - ХЛ_{ист. (по группе)})}{ХЛ_{ист. (по 6 группе)}} \times 100; \quad (5)$$

где УПМ_(иссл. группа, %) – уровень повреждения мембран клеток по исследуемой группе; ХЛ_{ист. (по 6 группе)} – значение ХЛ НЭЖК, полученное по группе интактного контроля; ХЛ_{ист. (по группе)} – значение ХЛ, полученное путем пересчета исходной ХЛ по приведенным формулам.

Таким образом, рассчитанный УПМ по всем исследуемым группам будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} УПМ_{(1 группа, \%)} &= (0,23 - 0,0745) / 0,23 \times 100 = 67,59\%; \\ УПМ_{(2 группа, \%)} &= (0,23 - 0,1453) / 0,23 \times 100 = 36,83\%; \\ УПМ_{(3 группа, \%)} &= (0,23 - 0,2235) / 0,23 \times 100 = 2,86\%; \\ УПМ_{(4 группа, \%)} &= (0,23 - 0,1636) / 0,23 \times 100 = 28,86\%; \\ УПМ_{(5 группа, \%)} &= (0,23 - 0,2275) / 0,23 \times 100 = 1,09\%. \end{aligned}$$

Полученные результаты свидетельствуют о выраженном негативном воздействии мелкодисперсной взвеси монацитового песка, заключающемся в способности активировать процессы перекисного окисления и приводить к нарушению целостности мембран клеток, что соответствует ранее полученным закономерностям при исследовании тех же образцов на предмет выявления токсического эффекта монацита [3]. При этом верифицируется способность исследуемых комплексов (ВМК и препарат «Эйкозавитол») тормозить процессы ПОЛ, восстанавливая поврежденные мембраны и защищая их от дальнейшего разрушения. Наиболее выраженный (96-процентное вос-

становление мембраны) положительный эффект наблюдается при совместном применении исследуемых комплексов (3-я группа животных), что свидетельствует о синергизме и взаимоусилении их действия.

Разработанный алгоритм позволяет вычислить коэффициенты пересчета долевого вклада (концентрации) каждого ДСПО в абсолютные значения ХЛ, которые возможно будет использовать для вычисления истинной ХЛ при работе с различными биологическими образцами. Однако на данном этапе это, по-видимому, нецелесообразно вследствие недостаточности выборки исследуемых групп и ограниченного спектра ДСПО. Кроме того, в приведенные расчеты для упрощения заложена линейная зависимость концентрации ДСПО и величины их ХЛ. В действительности, согласно нашим представлениям, значение ХЛ увеличивается/уменьшается при увеличении концентрации ДСПО не линейно, а по экспоненте или по S-образной функции. Однако для изучения явления ХЛ с точки зрения практического применения этого показателя для количественной оценки действия повреждающих факторов, а также протекторов ПОЛ, использование приведенного математического алгоритма может быть целесообразно.

Выводы

1. Разработан математический алгоритм вычисления значений истинной ХЛ, предусматривающий новый подход к оценке результатов измерения индуцированной ХЛ.

2. Обоснована необходимость постановки серии экспериментов с целью выявления зависимости величины индуцированной ХЛ от концентрации, вычисления коэффициентов ХЛ и создания формул расчета ХЛ для каждого ДСПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закс Л. Статистическое оценивание [Текст] / Л. Закс. Пер. с нем. В.Н. Варыгина. Под ред. Ю.П. Адлера. В.Г. Горского. – М.: Статистика, 1976. – 598 с. с ил.
2. Владимиров Ю.А. Активированная хемилюминесценция и биолуминесценция. Лекции по биофизике / Ю.А. Владимиров. Московский государственный университет. Факультет фундаментальной медицины.
3. Токсические эффекты монацита и их торможение комплексом биопротекторов [Текст] / О.С. Еременко, Б.А. Кашнельсон, Л.И. Привалова, О.Г. Макеев, Т.Д. Дегтярева, О.Ю. Береснева, И.Е. Валамина, И.А. Миннигалиева, М.П. Сутункова и др. // Токсикологический вестник. – Екатеринбург, 2009, №4. С.5-11.
4. Шляпнотх В.Я. Хемилюминесцентные методы исследования медленных химических реакций [Текст] / В.Я. Шляпнотх. – М.: Наука, 1966. – 300 с.
5. Ястребов А.П. Старение, перекисное окисление липидов и биовозраст. [Текст] / А.П. Ястребов, В.Н. Мещанинов. – Екатеринбург: ООО «Уральский следопыт», 2005. – 220 с.: ил.

О.Г. Макеев, П.А. Ошурков, В.А. Буханцев,
И.Х. Измайлов, Н.Н. Ванчугова, С.В. Костюкова

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПРОФИЛАКТИКИ РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ ГЕНОМА У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В г. АСБЕСТЕ

Уральская государственная медицинская академия

Уральский экономический регион по количеству вредных выбросов в атмосферу занимает первое место среди остальных регионов России, а на Свердловскую область приходится около трети всех выбросов Урала. В большинстве областных городов сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, а такие города, как Екатеринбург, Каменск-Уральский, Кировград, Краснотурьинск, Первоуральск, Ревда, Серов близки к чрезвычайной экологической ситуации [7;10;22].

Не является исключением и город Асбест, в котором на фоне долговременного негативного воздействия на окружающую среду продолжается сверхнормативное загрязнение, связанное с основным городским производством – добычей хризотил-асбеста.

Понятие «асбест» - общий термин, данный группе минералов, кристаллы которых имеют волокнистую структуру. Термин «асбест» был принят только для целей коммерческого обозначения.

Шесть разновидностей асбеста берут начало от двух групп минералов, известных как серпентин (хризотил или белый асбест) и амфиболы (амозит или коричнево-зеленый асбест; крокидолит или синий асбест; антофиллит, тремолит и актинолит). В то время как все они являются силикатным минеральным сырьем, обе группы различаются по химическим и минералогическим свойствам. На сегодня только один минерал — хризотил добывается в неограниченном количестве [8]. Этот минерал является основным промышленным асбестом и представляет собой волокнистый гидросиликат магния [6].

Гидросиликат магния ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) по химическому составу близок известному минералу тальку ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), и с химической точки зрения безвреден для организма. Главными его составляющими являются диоксид кремния и оксид магния (до 45% и 42% соответственно) [6]. Остальные компоненты представлены в следовых количествах и не превышают 1-2 %. Кристаллы хризотил-асбеста имеют необычное строение: они представляют собой тончайшие полые трубочки-фибриллы диаметром $2,6 \cdot 10^{-5}$ мм и длиной до 2-3 см. После обогащения асбестовой породы собранные в пучки волокна диаметром 10-100 мкм имеют прочность на разрыв, сравнимую с прочностью лучших марок стали (1700-3700 МПа). Волокна имеют низкую теплопроводность (0,3-0,4 Вт/(м·К)), устойчивость к повышенным температурам (их структура не разрушается при нагревании до 500-600°C) [3]. Волокна обладают высокой стойкостью в щелочах, не разрушаются в воде. Они могут расщепляться (распушиваться) на тонкие, мягкие, гибкие и эластичные волокна, имеющие высокие