

*Д.А. Еникеев, Э.Н. Хисамов,  
С.А. Еникеева, Л.Т. Идрисова*

**СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОЕ  
ОКИСЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ КРОВИ  
В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ**

Hannover 2014

*Д.А. Еникеев*  
*Э.Н. Хисамов*  
*С.А. Еникеева*  
*Л.Т. Идрисова*

**Свободнорадикальное окисление  
в системе крови в условиях  
химического загрязнения среды**

Sonderdruck aus  
**Hannoversches Jahrbuch**  
**Band 2, 2014**  
Serie: Medizin

*Unter Förderungen der Europäischen  
Akademie der Naturwissenschaften e.V.*

Hannover 2014

Медицинские науки

УДК 621.1.54.111

Свободнорадикальное окисление в системе крови в условиях химического загрязнения среды

Еникеев Д.А., Хисамов Э.Н., Еникеева С. А., Идрисова Л.Т.

ГОУ ВПО «Башкирский Государственный медицинский университет Минздрав России», Уфа, Россия, 450000, Уфа, ул. Ленина 1. email: Hisamov7958@yandex.ru Специальность: патофизиология 140303.

Проведено исследование хемилюминесценции крови кроликов, содержащихся в городах и сельской местности Республики Башкортостан (РБ). Оценка уровня свободнорадикального окисления проводилась по показателям светосуммы (S) и максимального свечения (J). Получены негативные показатели в городской среде. Сравнительное изучение выявило снижение показателей ХЛ АФК процесса фагоцитоза лейкоцитов крови и повышение ПОЛ эритроцитов и сыворотки крови кроликов, содержащихся в городах в условиях химического загрязнения среды. Параллельно было исследован характер индивидуальной адаптации к действию химических факторов малой интенсивности окружающей среды по показателям СРО крови. При пребывании животных, привезенных из сельской местности в промышленные центры городов РБ на протяжении трех месяцев были отмечены фазовые состояния – признаки адаптации и последующей деадаптации, в частности, угнетение фагоцитарной активности, а также усиление перекисного окисления липидов крови, отражающее разобщение окислительного фосфорилирования.

Ключевые слова: кровь, хемилюминесценция, город, село.

## **Свободнорадикальное окисление в системе крови в условиях химического загрязнения среды**

### ***Актуальность***

Загрязнение окружающей среды создает все новые проблемы для биотической среды. В частности, в промышленных центрах Республики Башкортостан (РБ) зарегистрировано значительное химическое загрязнение атмосферы.[4]. Комплексное действие негативных факторов малой интенсивности адекватно может оценено лишь в процессе биологического мониторинга.

Целью в настоящей работе ставилось установление реакции млекопитающих на влияние химических загрязнителей окружающей среды в РБ. Был проведен сравнительный анализ показателей крови кроликов, находящихся в городских условиях и сельской местности в сравнительном аспекте.

### ***Методы исследования***

Материалом исследования служили взрослые кролики породы шиншилла. Был проведен сравнительный анализ данных свободнорадикального окисления (СРО) крови у животных, находящихся в городских условиях и сельской местности в сравнительном аспекте. В целях установления характера адаптации организма к негативным факторам окружающей среды было предпринято динамическое наблюдение за животными, привезенными из сельской местности в городские условия в течение 3 месяцев. Состояние свободнорадикального окисления (СРО) в системе крови исследовалось с помощью биохемилуминометра БХЛ-06, в котором в качестве светового детектора был установлен фотоэлектронный умножитель ФЭ 000.335.557. ТУ. При этом изучались окисление липидов (ПОЛ) эритроцитарной массы и (ПОЛ) сыворотки крови, а также хемилюминесценция (ХЛ), обусловленная выделением активных форм кислорода (АФК) в процессе фагоцитоза. Оценка уровня свободнорадикального окисления проводилась по показателям светосуммы (S) и максимального свечения (J) [1,6].

Статистическая обработка полученных данных проводилась по программе статистика М. О. Excel (определение достоверности различий по t – критерию Стьюдента) [9].

## **Результаты исследования и их обсуждение**

Применение метода хемилюминесценции (ХЛ) в процессе изучения гематологических показателей расширило возможности дифференцированно оценить характер адаптивной реакции организма при действии химических факторов малой интенсивности окружающей среды. Представление о состоянии СРО в системе крови было составлено исходя из интенсивности ХЛ АФК в процессе фагоцитоза клеток крови, а также ПОЛ в эритроцитах и сыворотке крови. Исследование СРО проводилось в относительно экологически благоприятной зоне - в поселке Горный Чишминского района, а также в зоне умеренного загрязнения - поселке „Цех керамики“ Благовещенского района и в городах с интенсивным химическим загрязнением среды - Белебей, Уфа, Ишимбай [4].

Так, средние значения светосуммы за 300 сек. иницированной люминолом ХЛ активных форм кислорода (АФК) в процессе фагоцитоза у кроликов, содержащихся в пос.Горный Чишминского района, составляло  $31,2 \times 10^2$  импульсов. Амплитуда максимального свечения в среднем равнялась 26,9 имп/сек. Полученные при этом кинетические кривые ХЛ имели пологий характер. Например, у кролика N 3 тангенс угла наклона кривой изменения интенсивности светового потока излучения соответствовал при нарастании – 2,6 Е – 0:2 и при спаде – 3,2 Е – 0,2 С.

Исследования параметров иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе стимулированного циолитом фагоцитоза у кроликов в пос. Горный Чишминского района показали, что средние значения светосуммы за 300 сек. составляли  $35,9 \times 10^2$  импульсов, амплитуды максимального свечения – 24,3 имп/сек. Кинетические кривые при этом имели аналогичный таковым, наблюдаемых в опытах без стимуляции фагоцитоза циолитом.

Параллельное изучение ХЛ АФК в процессе фагоцитоза клеток периферической крови кроликов, содержащихся в других регионах РБ, выявило значительные расхождения по сравнению с данными из пос.Горный Чишминского района. Для удобства сравнения показатели ХЛ у животных пос.Горный были приняты за 100%. Так, данные ХЛ АФК процесса фагоцитоза клеток крови, содержащихся в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района, были значительно ниже, чем таковые в пос. Горный Чишминского района.

Среднее значение светосуммы за 300 сек. иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе фагоцитоза без стимуляции равнялось

23,1x10<sup>2</sup> имп., что составляло 74,2% от соответствующих показателей животных, содержащихся в пос. Горный Чишминского района (P<0,05). Средняя величина амплитуды максимального свечения соответствовала 19,5 имп/сек. - 72,8% (P<0,05). Прямо пропорциональные сдвиги были выявлены и при стимуляции процесса фагоцитоза циолитом. Средние значения светосуммы за 300 сек. составляли 27,1x10<sup>2</sup> импульсов (75,5%) (P<0,05). а амплитуда максимального свечения – 17,7 имп/сек (72,8%) (P<0,05). Следовательно, сводные показатели иницированной ХЛ АФК процесса фагоцитоза без стимуляции и со стимуляцией указывали на ослабление клеточного иммунитета у животных, содержащихся в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района. Изучение ХЛ АФК фагоцитоза клеток крови у кроликов, содержащихся в г. Белебее, выявило также снижение амплитуды максимального свечения и светосуммы по сравнению с таковыми у животных в пос. Горный Чишминского района. Так, светосумма за 300 сек. иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе фагоцитоза без стимуляции в среднем равнялась 22,1x10<sup>2</sup> импульсов (71,1%) (P<0,05), а амплитуда максимального свечения – 18,8 имп/сек (69,9%) (P<0,05). Эти же показатели иницированной люминолом ХЛ АФК процесса фагоцитоза стимулированного циолитом соответственно равнялись 28,4x10<sup>2</sup> импульсов (79,2%) (P<0,05) и 18,9 имп/сек (78,1%) (P<0,05). Следовательно, в г. Белебее также имело место снижение фагоцитарной функции со стороны лейкоцитов периферической крови.

У кроликов, содержащихся в г.Уфе, ХЛ АФК процесса фагоцитоза клеток крови выявило дальнейшее снижение клеточного иммунитета. Так, средняя величина светосуммы за 300 сек. иницированной люминолом ХЛ АФК не стимулированного фагоцитоза равнялось 19,6x10<sup>2</sup> имп (62,9%) (P<0,05), а амплитуда максимального свечения составила 17,0 имп/сек (63,4%) (P<0,05). Эти же параметры иницированной ХЛ АФК в процессе стимулированного циолитом фагоцитоза в среднем равнялись соответственно 21,4x10<sup>2</sup> импульсов (59,8%) (P<0,05) и 15,0 имп/сек (61,9%) (P<0,05).

Примерно на таком же уровне изменения со стороны фагоцитарной функции клеток крови отмечались у животных, находившихся в г. Ишимбае. Светосумма иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе фагоцитоза без стимуляции в среднем составляла 19,0x10<sup>2</sup> импульсов за 300 сек. (61,1%) (P<0,05), а амплитуда максимального свечения – 16,1 имп/сек (59,9%) (P<0,05). Среднее значение описываемых показателей при стимуляции фагоцитоза циолитом равнялось соответственно 21,9x10<sup>2</sup> импульсов (61,1%) (P<0,05) и 15,1 имп/сек (62,1%) (P<0,05).

Кинетические кривые инициированной ХЛ АФК фагоцитоза со стимуляцией и без нее имели примерно однотипный характер. Например, у кролика под N 2, содержавшегося в г. Белебее, значение тангенса угла наклона кривой изменения интенсивности светового потока излучения при нарастании соответствовал  $5,1 E - 0,2$ , а при спаде равнялся  $2,4 E - 0,2$ .

Таким образом, изучение состояния у животных, находившихся в регионах РБ с различной степенью химического загрязнения методом инициированного ХЛ АФК в процессе стимулированного фагоцитоза и без стимуляции показало неоднозначную картину. Наиболее благоприятный уровень клеточного иммунитета наблюдался у животных, содержавшихся в пос. Горный Чишминского района. Несколько угнетенное состояние было выявлено у кроликов, находившихся в пос. „Цех керамики“ и в г. Белебее. Относительно более низкие показатели фагоцитарной функции клеток крови отмечались у животных, содержавшихся в гг. Уфа, Ишимбай (табл.1, рис.1).

Бактерицидное действие повышенных концентраций продуктов СРО используется фагоцитами (лейкоцитами, тканевыми макрофагами) для первичной „окислительной атаки“ на чужеродные мембраны бактерий, вирусов, после чего эти поврежденные СРО мембраны могут быть разобраны вторым действующим фактором – гидролитическими ферментами лизосом. При фагоцитозе наблюдается усиление (взрыв) потребления и активация СРО. Фагоциты по месту контакта с мембраной чужой клетки начинают проводить интенсивное одноэлектронное восстановление кислорода в электронно-транспортных цепях на уровне оксидаз, ксантиоксидазы, альдегидоксидазы. При таком патобиофизическом ферментативном одно- или двухэлектронном (вместо нормального 4-электронного с образованием воды) восстановлении кислорода образуются активные продукты: перекись водорода ( $H_2O_2$ ), супероксидный анионрадикал ( $O_2^-$ ), гидроперекисный радикал ( $HO_2$ ), гидроксильный радикал (ОН). Образовавшиеся радикалы (особенно активно гидроксильный радикал – ОН) проникают в липидный слой мембран бактерий и вирусов и инициируют там СРО липидов. Выявляется особая биологическая роль супероксидного анион-радикала как инициатора СРО липидов в чужеродных мембранах при фагоцитозе и при его избытке в собственных мембранах.

При его избыточном накоплении, при повреждении окислительно-восстановительных ферментов в структуре электронно-транспортных

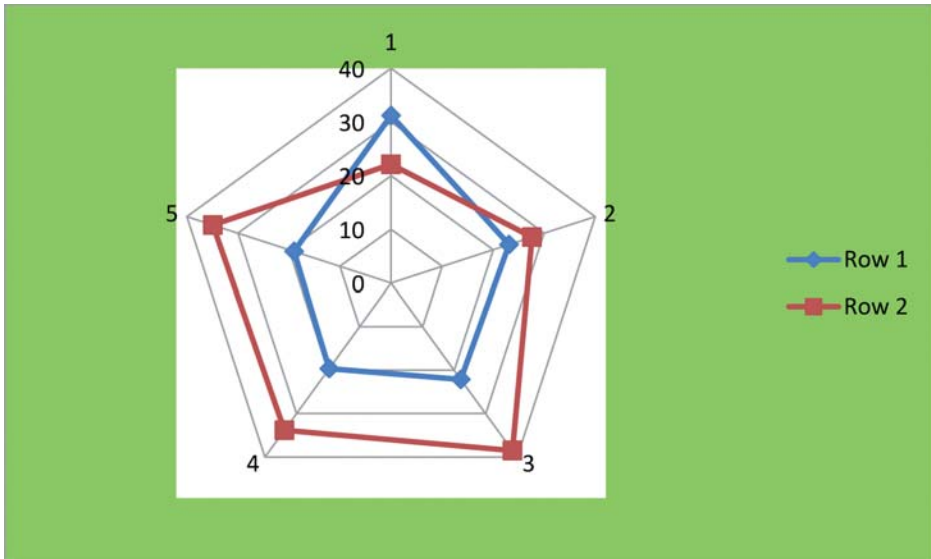


Рис. 1. Хемилюминесценция крови в различных регионах РБ (АФК, ПОЛ - светосумма). Ряд 1 - АФК фагоцитоза светосумма -300с. ( $\text{им} \cdot 10^2$ ); Ряд 2 - ПОЛ эритроцитов S-60 с. ( $\text{имп}./\text{с}$ ). 1-2: пос. Горный. 2-3: пос. «Цех керамики». 3-4: Г.Белебей. 4-5: г.Уфа. 5-1: г. Ишимбай.

цепей или ослаблении защитной антиокислительной функции ферментов (каталазы, глутатионпероксидазы, супероксиддисмутазы) начинается поражение собственных тканей и клеток [6, 8]. Метод регистрации ХЛ стимулированных клеток широко используется в клиничко-лабораторных исследованиях. С помощью данного метода проводят изучение действий химических препаратов, патогенеза различных заболеваний. Изменение ХЛ фагоцитов является неспецифическим показателем функционального состояния этих клеток, а также клеточной формы иммунной реакции [1, 6].

Низкая интенсивность собственного свечения исследуемых образцов и сильная зависимость его от случайных примесей заставили искать пути усиления ХЛ. Более приемлемым для усиления ХЛ при изучении фагоцитоза является хемилюминесцентный зонд – люминол. Он усиливает свечение, сам подвергаясь при этом химическим превращениям. Люминол реагирует с гипохлоритом, что сопровождается яркой вспышкой ХЛ, особенно в присутствии даже небольшого количества перекиси водорода. Кинетика ХЛ при этом отражает кинетику выделения активных форм кислорода (АФК) стимулированными клетками. Для стимуляции фагоцитов, например, мы применили нерастворимый



стимулятор – циолит. Повышение интенсивности ХЛ стимулированного циолитом фагоцитоза свидетельствует об активном метаболизме фагоцитов. Снижение интенсивности ХЛ клеток крови отражает угнетение фагоцитарной активности, что указывает на угнетение одновременно и клеточного иммунного ответа организма [6,8].

Параллельное изучение индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ перекисного окисления липидов (ПОЛ) эритроцитов крови в различных регионах РБ позволило оценить характер процесса СРО в красной крови в зависимости от степени химического загрязнения окружающей среды. Так, светосумма за 60 сек. индуцированной ХЛ ПОЛ эритроцитов периферической крови кроликов, содержащихся в пос. Горный Чишминского района в среднем составляла  $22,1 \times 10^2$  импульсов. Средняя величина амплитуды максимального свечения при этом равнялась  $19,9 \times 10$  имп/сек. В последующем сравнении показателей, полученных из других регионов, проводилось с данными животных, находившихся в пос. Горный Чишминского района. Поэтому приведенные выше цифровые величины были условно приняты за 100%. Средние величины светосуммы ХЛ и амплитуды максимального свечения в других регионах РБ были более выраженные и значительно превышали 100%. Эти показатели в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района соответственно равнялись  $27,7 \times 10^2$  импульсов за 60 сек (124,9%) [ $P < 0,05$ ] и  $25,4 \times 10$  имп/сек (128,1%) [ $P < 0,05$ ]. В г. Белебее сводные показатели индуцированной ХЛ ПОЛ эритроцитов превышали предыдущий. Средние значения светосуммы за 60 сек составляли  $28,5 \times 10^2$  имп (129,1%) [ $P < 0,05$ ], и амплитуда максимального свечения –  $27,0 \times 10$  имп/сек (135,9%) [ $P < 0,05$ ]. У кроликов, содержащихся в городах Уфе и Ишимбае ХЛ ПОЛ эритроцитов крови была наиболее выраженной. Так, в г.Уфе средняя величина светосуммы ХЛ за 60 сек равнялась  $33,8 \times 10^2$  импульсов (153,1%) [ $P < 0,05$ ], амплитуда максимального свечения –  $30,4 \times 10$  имп/сек (152,0%) [ $P < 0,05$ ]. В г. Ишимбае светосумма ХЛ и амплитуда максимального свечения в среднем соответственно составляли  $34,9 \times 10^2$  импульсов за 60 сек (158,2%) [ $P < 0,05$ ] и  $32,1 \times 10$  имп/сек (161,3%) [ $P < 0,05$ ]. (табл.1, рис.1).

Кинетические кривые индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов, содержащихся в разных регионах РБ, имели относительно однотипный характер. Например, у кролика под N4 в г.Уфе тангенс угла наклона кривой изменения интенсивности светового потока излучения при нарастании соответствовал –  $3,2 E - 0,2$ , а при спаде равнялся –  $1,1 E + 00$ . У кролика под N 1, содержащегося в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района,

значения тангенса угла наклона кривой изменения интенсивности светового потока излучения при нарастании составляло 4; E – 0,1, а при спаде равнялось 1,5 E+ 00.

Следовательно, индуцированная перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов наибольшие цифровые значения имели города Ишимбай и Уфа, несколько менее выраженные пос. "Цех керамики" и г.Белебей. Наименьшие средние величины светосуммы ХЛ и амплитуды максимального свечения отмечались в пос. Горный Чишминского района.

Мембраны эритроцитов богаты полиненасыщенными жирными кислотами, которые находятся в окружении гемового железа. Предполагается, что существуют условия для развития СРО мембранных липидовинакопленияперекисейкакпромежуточныхпродуктов.Известно, что в норме этот процесс протекает на низком уровне. Причиной этого в исследуемых объектах является наличие мощных антиокислительных систем, локализованных в эритроцитарных мембранах и цитозоли. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах сопровождается полимеризацией мембранных белков, образованием конъюгированных шиффовых оснований моноальдегидподобных продуктовокислениясаминогруппамибелкови фосфатидилэтаноламина. Эти процессы уменьшают вязкость мембранных липидов. Мембраны эритроцитов становятся более хрупкими. В таком состоянии они более чувствительны к различным воздействиям и начинают гемолизироваться, склеиваться, что выражается в различных патологических проявлениях организма [6].

Таким образом, повышение ХЛ ПОЛ в эритроцитах крови кроликов в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района, г.Белебее и особенно в городах Уфе и Ишимбае отражает активацию СРО красной крови в условиях химического загрязнения среды. В свою очередь повышение СРО в эритроцитах, вероятно, является одним из звеньев в механизме гематологических сдвигов, наблюдаемых при этом в организме животных, в частности, эритроцитопении. Исследование индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ сыворотки крови животных, находившихся в различных регионах РБ, показал прямо пропорциональный характер полученных сдвигов по отношению к ХЛ ПОЛ эритроцитов. Так, светосумма за 60 сек. индуцированной ХЛ сыворотки крови кроликов, содержавшихся в пос.Горный Чишминского района, в среднем составляла  $42,4 \times 10^3$  импульсов, а средняя величина амплитуды

максимального свечения равнялась  $23,8 \times 10^2$  имп/сек. Эти величины, как и в предыдущих исследованиях, были приняты как 100%. Данные, полученные в пос. „Цех керамики“ Благовещенского района, заметно превышали таковые из пос. Горный Чишминского района. Светосумма за 60 сек. индуцированной ХЛ сыворотки крови в среднем равнялась  $59,5 \times 10^3$  импульсов (141,2%), а средняя величина амплитуды максимального свечения соответствовала  $32,3 \times 10^2$  имп/сек (135,9%). Приблизительно на таком же уровне находилась ХЛ у животных, содержащихся в г.Белебее. Средние значения светосуммы и амплитуды максимального свечения индуцированной ХЛ сыворотки крови соответственно составляли  $56,0 \times 10^3$  (32,8%) и  $31,8 \times 10^2$  имп/сек (133,8%).

В городах Уфе и Ишимбае эти показатели ХЛ более значительны и превышали по сравнению с таковыми у животных, содержащихся в пос. Горный Чишминского района. Светосумма за 60 сек. индуцированной ХЛ сыворотки крови кроликов, находившихся в г.Уфе, равнялась в среднем  $67,4 \times 10^3$  импульсов (159,8%) [ $P < 0,05$ ], а средняя величина амплитуды максимального свечения соответствовала  $38,8 \times 10^2$  имп/сек (163,1%) [ $P < 0,05$ ]. Средние значения светосуммы за 60 сек. и амплитуда максимального свечения индуцированной ХЛ сыворотки крови кроликов, содержащихся в г.Ишимбае, соответственно составили  $68,0 \times 10^3$  импульсов (162,3%) [ $P < 0,05$ ] и  $37,1 \times 10^2$  имп/сек (156,2%) [ $P < 0,05$ ]. Следовательно, анализируемые показатели ХЛ сыворотки крови, также, как ХЛ ПОЛ эритроцитов, нарастающем ритме повышались в следующей последовательности: пос. „Цех керамики“ Благовещенского района, г.Белебей, г.Уфа, г.Ишимбай.

Кинетические кривые индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ сыворотки крови кроликов, находящихся в различных местностях, имели приблизительно однотипный характер. Так, у кролика под N 2, содержащегося в пос. Горный Чишминского района, значение тангенса угла наклона кривой изменения интенсивности светового потока излучения при нарастании составляло –  $6,3 \text{ E} + 00$ , а при спаде равнялось –  $1,1 \text{ E} + 01$ .

Таким образом, в условиях химического загрязнения окружающей среды имело место усиление СРО компонентов сыворотки крови.

Параллельно была определена теснота связи признаков – АФК фагоцитоза и перекисное окисление липидов (ПОЛ) по методу парной корреляции у кроликов, содержащихся в Уфе [9]. Сопоставление величин коэффициента критической (0,63) и коэффициента фактической (0,93)

выявило умеренно тесную статистически достоверную отрицательную связь между изучаемыми признаками ( $P < 0,05$ ).

В целях изучения механизма адаптивных реакций организма на действие химических факторов малой интенсивности, загрязняющих окружающую среду, было предпринято динамическое наблюдение за показателями СРО животных, привезенных их сельской местности – пос. Горный Чишминского района в городские условия.

Анализ ХЛ АФК фагоцитоза клеток крови проводилось для выяснения уровня неспецифической защиты, а также резистентности клеточной формы иммунной системы в процессе реализации компенсаторных механизмов при адаптации организма к повышенным концентрациям химических факторов малой интенсивности. Изучение показателей ХЛ ПОЛ в эритроцитах и сыворотке крови расширило представление об особенностях СРО в организме по мере развития адаптации и деадаптации в условиях химического загрязнения среды. Уровень СРО в системе крови определялся параллельно гематологическим исследованиям по ходу натуральных опытов в трех различных по степени химического загрязнения зонах:

1-с интенсивным химическим загрязнением, в 3 км от УПО „Химпром“ в г.Уфе;

2-с умеренным химическим загрязнением «Цех керамики» в 7 км от Уфимского нефтеперерабатывающего комплекса;

3-загородная (пос. Горный Чишминского района около 60 км от г.Уфы).

Во всех трех зонах данные ХЛ компонентов крови регистрировались в исходном уровне и через 10, 30, 60, 90 суток опыта (рис.2,3, табл. 2, 3, 4). Полученные результаты сопоставлялись с данными исходного уровня, которые принимались за 100%.

Сводные показатели инициированной люминолом ХЛ АФК в процессе фагоцитоза у животных I зоны в исходном уровне имели следующие цифровые значения. Светосумма за 300 сек. составляла в среднем  $28,5 \times 10^2$  импульсов. Средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась 23,2 ипм/сек. Через 10 суток средние значения светосуммы за 300 сек. и амплитуды максимального свечения несколько уменьшились и соответственно равнялись  $22,2 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (78,1%) и 17,0 ипм/сек (73,4%) ( $P < 0,05$ ).

В последующие сроки опыта наблюдалось дальнейшее уменьшение цифровых значений инициированной люминолом ХЛ АФК фагоцитоза

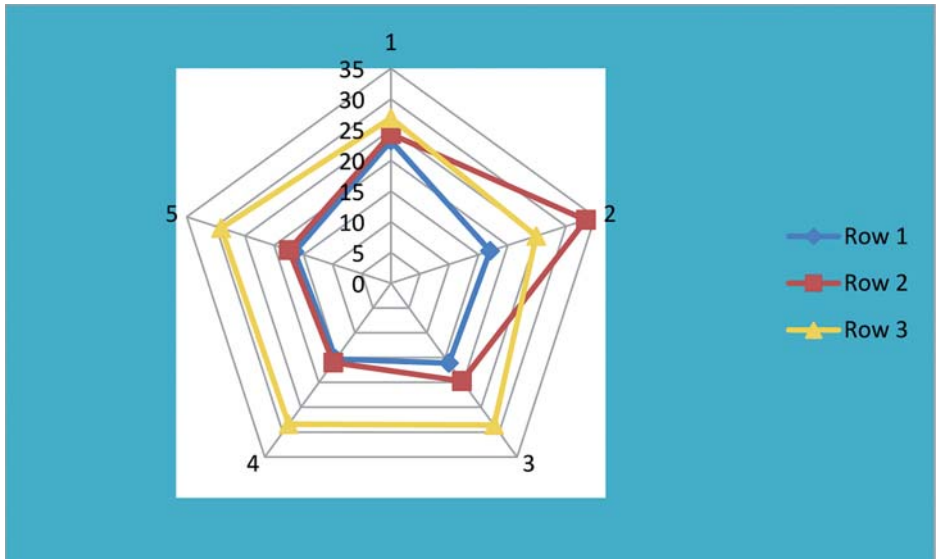


Рис.2. Хемилюминесценция крови в процессе адаптации. АФК фагацитоза – максимальное свечение (имп/сек.). Ряд 1-первая зона. Ряд 2-вторая зона. Ряд 3-третья зона. 1-2: исходное состояние. 2-3: 10 сут. 3-4:30 сут. 4-5: 60 сут. 5-1: 90 сут.

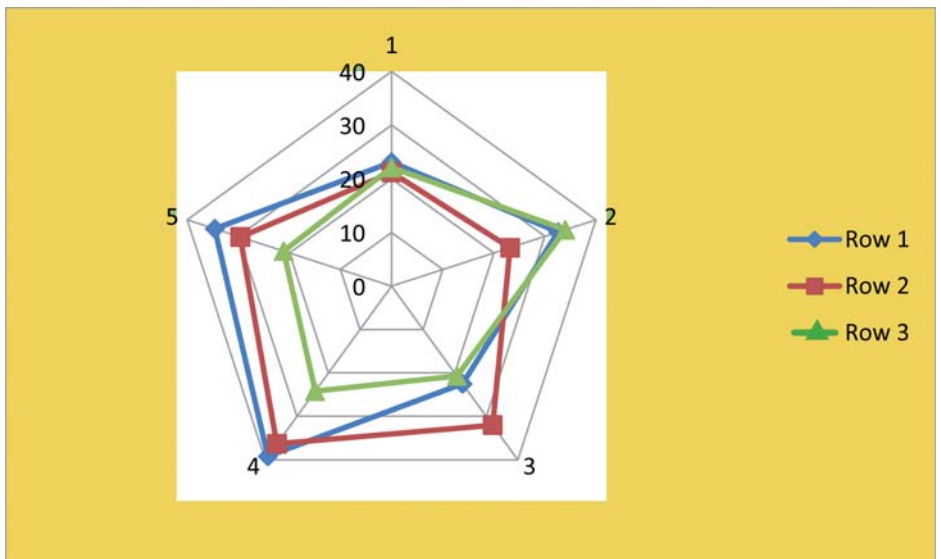


Рис.3. Хемилюминесценция крови в процессе адаптации, ПОЛ эритроцитов, светосумма -60 с. (им  $\times 10^2$ .) Ряд 1-первая зона. Ряд 2-вторая зона. Ряд 3-третья зона. 1-2: исходное состояние. 2-3: 10 сут. 3-4:30 сут. 4-5: 60 сут. 5-1: 90 сут.

клеток крови. Так, через 30 суток опыта светосумма за 300 сек и амплитуда максимального свечения соответственно составляли в среднем  $19,4 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (68,2%) и 16,2 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (69,5%). Через 60 суток опыта средние величины светосуммы за 300 сек равнялись  $20,0 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (70%), амплитуда максимального свечения 15,3 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (66,1%). Близкие к этому уровню показатели наблюдались через 90 суток: светосумма за 300 сек. в среднем – 19,6 импульсов ( $P < 0,05$ ) (68,9%), амплитуда максимального свечения – 16,5 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (71,2%).

Следовательно, уже через 10 суток пребывания в условиях химического загрязнения у животных показатели фагоцитарной функции клеток крови снижались, а при дальнейшем продолжении натуральных опытов этот процесс приобретал более выраженный характер.

Регистрация иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе стимулированного циолитом фагоцитоза клеток крови в разные сроки пребывания кроликов в среде с интенсивным химическим загрязнением также указывала на снижение фагоцитарной функции. Однако цифровые значения при этом были подвержены некоторым колебаниям.

Несмотря на последнее, показатели ХЛ, соответствующие 10, 30, 60, 90 суткам, значительно отличались от исходного уровня. Так, светосумма за 300 сек в исходном уровне в среднем равнялась  $38,3 \times 10^2$  импульсов, а среднее значение амплитуды максимального свечения – 28,1 имп/сек. Через 10 суток опыта эти показатели довольно резко снизились и соответственно составляли  $25,6 \times 10^2$  импульсов за 300 сек. ( $P < 0,05$ ) (67,1%) и 17,9 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (63,9%). Через 30 суток пребывания животных в зоне интенсивного химического загрязнения отмечалось незначительное повышение уровня ХЛ по сравнению с предыдущим сроком, но все равно оставался ниже, чем в исходном состоянии. Светосумма за 300 сек. в среднем составляла при этом  $29,7 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (77,8%), средняя величина амплитуды максимального свечения – 22,2 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (79,1%). Показатели ХЛ в последующие сроки при некотором колебании также были ниже исходного уровня. Так, через 60 суток опыта светосумма иницированной ХЛ АФК стимулированного циолитом фагоцитоза в среднем за 300 сек. составляла  $27,1 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (70,8%), а средняя величина амплитуды максимального свечения – 19,0 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (67,7%). Через 90 суток пребывания животных в условиях химического загрязнения эти показатели соответственно в среднем равнялись  $28,0 \times 10^2$  имп. за 300 сек. ( $P < 0,05$ ) (73,3%) и 19,9 имп/сек. ( $P < 0,05$ )

(70,1%). Следовательно, под влиянием химических факторов окружающей среды происходило стабильное снижение инициированного люминолом ХЛ АФК стимулированного циолитом фагоцитоза клеток крови.

Таким образом, пребывание животных в зоне интенсивного химического загрязнения, сопровождалось снижением инициированной люминолом ХЛ АФК процесса фагоцитоза как стимулированного циолитом, так и без стимуляции, отражающее подавление в организме фагоцитарной функции клеток крови во всех сроках опыта без заметных признаков формирования долгосрочной совершенной адаптации естественного иммунного статуса организма как функциональной системы. Состояние иммунодефицита в организме и в сроки (30 суток опыта), когда отмечались признаки формирования долгосрочной совершенной адаптации в функциональных системах, ответственных за энергообеспечение, в частности, эритроциты, указывает на высокую „цену адаптации“. Иммунная система оказывается в роли „ущербной“ функциональной системы вследствие активного адаптивного перераспределения жизненных ресурсов в пользу совершенства механизмов энергообеспечения в кризисной для организма ситуации.

Исследование индуцированной ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов, содержащихся в I зоне с интенсивным химическим загрязнением окружающей среды, в процессе натурных опытов позволило выявить определенные особенности механизма адаптивных реакций организма на негативное воздействие. Наблюдаемые сдвиги ХЛ ПОЛ эритроцитов в различные сроки пребывания животных в среде, загрязненной химическими факторами имели волнообразный характер. Так, в исходном уровне светосумма за 60 сек. в среднем составила  $23,1 \times 10^2$  импульсов, а среднее значение амплитуды значения максимального свечения –  $19,4 \times 10$  имп/сек. Данные исходного уровня для удобства сопоставления с результатами различных опытов были приняты за 100%. Через 10 суток опыта исследуемые показатели испытывали довольно резкие изменения. Средняя величина светосуммы за 60 сек. составляла  $32,6 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (141,2%), амплитуды максимального свечения –  $27,1 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (139,8%). Повышение сводных показателей инициированной ХЛ ПОЛ эритроцитов однозначно указывало на усиление СРО окисления в мембранной системе эритроцита под действием химических факторов малой интенсивности окружающей среды за относительно короткие сроки – уже через 10 суток. Через 30 суток опыта показатели индуцированной ХЛ ПОЛ эритроцитов крови приняли несколько близкое к исходному уровню состояние. Среднее значение светосуммы

за 60 сек. в это время равнялось  $22,5 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (97,8%), амплитуды максимального свечения –  $19,8 \times 10$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (102,1%).. Восстановление параметров ХЛ ПОЛ эритроцитов, очевидно, указывает на нормализацию СРО в эритроне благодаря формированию системного структурного следа совершенной адаптации в функциональных системах, ответственных за энергообеспечение в условиях гипоксического состояния, обусловленного воздействием химических факторов малой интенсивности окружающей среды.

Регистрация данных ХЛ ПОЛ эритроцитов крови через 60, 90 суток выявило совершенно обратную картину. Исследуемые показатели ХЛ были в значительной степени повышены. Так, через 60 суток пребывания животных в зоне с интенсивным загрязнением средняя величина светосуммы за 60 сек. ХЛ ПОЛ эритроцитов крови составляла  $39,2 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (170,1%), а амплитуда максимального свечения в среднем равнялась  $32,3 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (166,1%). Через 90 суток опыта эти показатели соответственно составляли  $34,6 \times 10^2$  импульсов за 60 сек. ( $P < 0,05$ ) (149,8%) и  $29,7 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (153,5%). Следовательно, в сроки, соответствующие 60, 90 суткам опыта, уровень СРО в эритроне резко повысился, что, очевидно, связано с процессами развития деадаптации в условиях неадекватного негативного воздействия.

Таким образом, применение метода ХЛ позволило установить, что во время химического воздействия, когда наблюдалась картина дефицита эритрона, отмечалось и усиление ПОЛ эритроцитов. Со стабилизацией регенеративного равновесия в эритроне наступала нормализация СРО в мембранной системе эритроцитов. Это подтверждает известное положение о важной роли СРО в механизме развития адаптации и деадаптации организма в кризисных ситуациях.

Одновременно с изучением ПОЛ в эритроне было предпринято исследование индуцированной ХЛ сыворотки крови животных, содержащихся в I зоне с интенсивным загрязнением окружающей среды химическими факторами. Полученные результаты в целом прямо пропорциональны. Как при исследовании ПОЛ в эритроцитах, параметры ХЛ сыворотки крови в процессе натуральных опытов испытывали заметные колебания. Вначале наступило резкое усиление, затем нормализация, а в дальнейшем вновь повышение свечения, что, очевидно, было связано с теми адаптивными процессами, которые обуславливались химическим окружением.

В исходном уровне светосумма за 60 сек ХЛ сыворотки крови в



среднем равнялась  $45,2 \times 10^3$  импульсов, а среднее значение амплитуды максимального свечения составляло  $20,8 \times 10^2$  имп/сек. Эти данные для сравнительного анализа показателей, полученных в различных других сроках опыта, были приняты за 100%.

Через 10 суток опыта светосумма ХЛ за 60 сек. в среднем равнялась  $73,1 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (161,8%), а средняя величина амплитуды максимального свечения  $33,2 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (159,8%). Довольно высокий уровень сдвига в сторону усиления ХЛ сыворотки в этот срок, очевидно, обусловлен остротой реакции окислительно-восстановительных процессов в организме животных на неблагоприятное воздействие химических факторов окружающей среды с преобладанием пропорций СРО по сравнению с биологическим ферментативным окислением.

По истечении 30 суток опытов появились признаки, отражающие тенденцию к нормализации свечения. Так, среднее значение светосуммы ХЛ за 60 сек. в этот срок составляло  $46,7 \times 10^3$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (103,4%), а амплитуда максимального свечения –  $20,1 \times 10^2$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (96,6%). Приближение параметров ХЛ сыворотки крови на 30 сутки опыта к исходному уровню, очевидно, связан с восстановлением физиологического равновесия между двумя видами - СРО свободнорадикального и ферментативного окисления в системе крови.

Однако, через 60, 90 суток опыта вновь установились высокие уровни ХЛ сыворотки крови. Средняя величина светосуммы за 60 сек. и амплитуда максимального свечения соответственно составляли через 60 суток  $72,3 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (160,1%) и  $34,1 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (149%). Наблюдаемые в эти сроки сдвиги свечения, очевидно, связаны с усилением СРО в системе крови и отражают процессы расстройств адаптивных механизмов вследствие продолжительного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Кинетические кривые ХЛ ПОЛ эритроцитов, а также сыворотки крови носили однотипный характер. За время, равное 60 сек., регистрировался период быстрой вспышки, что соответствовало показателю амплитуды максимального свечения и последующий период угнетения свечения.

Таким образом, изучение индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов и сыворотки крови у животных, содержащихся в I зоне с интенсивным химическим загрязнением среды выявило определенную закономерность в динамике сдвигов СРО в

процессе реализации адаптивных механизмов в организме. Так, через 10 суток, когда наблюдалось нарушение физиологического гомеостаза, происходило усиление СРО в системе крови. Однако, через 30 суток, в период формирования системного структурного следа совершенной адаптации, отмечалась нормализация уровня СРО в крови. В последующие сроки – через 60, 90 суток – когда наступала стадия деадаптации, вновь наблюдалось усиление СРО в системе крови.

Изучение ХЛ различных компонентов системы крови кроликов, содержащихся во II зоне с умеренным химическим загрязнением среды, выявило несколько иную динамику процесса СРО (табл.3, рис.5.6). Исследования иницированной люминолом ХЛ АФК в процессе фагоцитоза клеток крови установили следующую картину. В исходном уровне светосумма ХЛ за 300 сек. в среднем равнялась  $29,6 \times 10^2$  импульсов, а средняя величина амплитуды максимального свечения составлял 24,3 имп/сек. Цифровые данные, полученные в различные сроки опытов, сопоставлялись с исходным уровнем. Поэтому регистрируемые параметры ХЛ АФК фагоцитоза в исходном уровне были приняты за 100%. Через 10 суток опыта светосумма ХЛ за 300 сек. в среднем равнялась  $41,7 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (141,2%), средняя величина амплитуды максимального свечения составляла 33,4 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (137,5%). Следовательно, показатели ХЛ АФК фагоцитоза в этот период имели тенденцию к усилению, что отражало повышение фагоцитарной функции клеток крови после относительно кратковременного воздействия химических факторов малой интенсивности в исследуемой зоне.

Однако, в последующие сроки опыта наблюдалось заметное снижение ХЛ АФК процесса фагоцитоза клеток крови. Так, через 30 суток опыта среднее значение светосуммы за 300 сек. равнялось  $23,6 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (79,8%), а величина амплитуды максимального свечения составляла 19,7 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (81,1%). Через 60 суток опыта эти показатели в среднем соответственно равнялись  $21,6 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (73,1%) и 16,0 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (65,9%). К концу опыта, т.е. через 90 суток, светосумма ХЛ АФК процесса фагоцитоза за 300 сек. в среднем составляла  $20,6 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ), средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась 20,6 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (69,7%).

Таким образом, иницированная люминолом ХЛ АФК процесса фагоцитоза клеток крови кроликов, содержащихся во II зоне с умеренным загрязнением среды имела волнообразный характер. В целом динамика ХЛ отражала после 10-суточного срока стабильное снижение

фагоцитарной функции организма.

Параллельное изучение инициированной люминолом ХЛ АФК в процессе стимулированного циолитом фагоцитоза клеток крови выявило аналогичные сдвиги. Так, в исходном уровне светосумма за 300 сек. в среднем составляла  $40,1 \times 10^2$  импульсов, а средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась 28,8 имп/сек. Эти данные для последующего сравнения были приняты за 100%. Через 10 суток опыта показатели свечения за 300 сек. равнялись  $56,4 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (140,8%), а амплитуда максимального свечения 39,0 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (135,5%).

В дальнейшем, как и ХЛ АФК без стимулирования, наблюдалось снижение свечения. Через 30 суток опыта светосумма инициированной люминолом ХЛ АФК стимулированного циолитом фагоцитоза 300 сек. в среднем равнялась  $29,4 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (73,5%), а средняя величина амплитуды максимального свечения – 20,5 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (71,2%). Через 60 суток опыта эти показатели соответственно в среднем составляли  $27,3 \times 10^2$  импульсов за 300 сек. ( $P < 0,05$ ) (68,1%). Примерно на таком же уровне оставались исследуемые показатели через 90 суток опыта. Так, среднее значение светосуммы за 300 сек. составляло  $28,7 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (71,8%), а амплитуда максимального свечения 21,1 имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (73,3%).

Следовательно, разница в показателях ХЛ АФК в процессе фагоцитоза клеток крови животных, содержащихся во II зоне с умеренным загрязнением среды, при стимулировании циолитом и без стимулирования заключалась не в динамике сдвигов, а интенсивности свечения. Величины ХЛ АФК в опытах со стимулированием фагоцитоза почти на 1/3 превышали таковые без стимулирования.

Наряду с исследованием ХЛ АФК фагоцитоза нами было предпринято изучение индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов II зоны. В исходном уровне светосумма за 60 сек. в среднем равнялась  $21,2 \times 10^2$  импульсов, средняя величина амплитуды максимального свечения составляла 18,6x10 имп/сек. Эти данные для последующих сравнений были приняты за 100%. Через 10 суток пребывания животных в условиях умеренного химического загрязнения среды наблюдалось некоторое усиление свечения. Так, светосумма ХЛ ПОЛ эритроцитов крови за 60 сек. в среднем была равна  $23,2 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ), что составляло 109,8% от исходного уровня. Средняя величина максимального свечения в этот срок равнялась  $21,3 \times 10$

имп/сек. ( $P < 0,05$ ), что соответствовало 114,7% таковой до начала натуральных опытов. Как видно из сводных показателей, сдвиги через 10 суток были незначительные, что, очевидно, объясняется относительно небольшим сроком воздействия химических факторов малой интенсивности. Однако, в последующие сроки сдвиги в сторону усиления ХЛ были более значительными. Так, через 30 суток опыта светосумма и амплитуда максимального свечения ХЛ ПОЛ эритроцитов крови в среднем равнялись соответственно  $32,0 \times 10^2$  импульсов за 60 сек. ( $P < 0,05$ ) (151,2%) и  $27,6 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (148,5%). Через 60 суток пребывания животных во II зоне с умеренным загрязнением среды светосумма свечения равнялась в среднем  $36,3 \times 10^2$  импульсов за 60 сек. ( $P < 0,05$ ) (171,3%), а средняя величина амплитуды максимального свечения –  $30,3 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (163,2%). Следовательно, с увеличением продолжительности пребывания в среде химического загрязнения животных, СРО все более усиливалась. Но через 90 суток опыта сдвиги ХЛ несколько смягчились, хотя оставались достаточно высокими по сравнению с исходным уровнем. Так, средние значения светосуммы свечения за 60 сек. и амплитуды максимального свечения составляли соответственно  $29,6 \times 10^2$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (139,8%) и  $27,2 \times 10$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (146,4%).

Таким образом, ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов, содержащихся во II зоне с умеренным химическим загрязнением среды, в процессе натуральных опытов отражало нарушение равновесия между СРО и антиоксидантной системой в системе крови. По мере действия химических факторов малой интенсивности окружающей среды процесс СРО усиливался с максимальным выражением на 60 сутки опыта. Лишь через 90 суток, очевидно, вследствие некоторого повышения антиокислительной активности структур систем крови значение СРО несколько снизилось, но в то же время оставаясь значительно выше исходного уровня.

Исследование индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ сыворотки крови животных II зоны выявило аналогичные ХЛ ПОЛ эритроцитов крови сдвиги. В исходном уровне светосумма за 60 сек. в среднем составляла  $42,1 \times 10^3$  импульсов, средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась  $24,3 \times 10^2$  имп/сек. Эти данные исходного состояния были приняты в последующих сопоставлениях за 100%. В процессе натуральных опытов наблюдалось постепенное повышение показателей свечения. Так, через 10 суток опыта средние значения светосуммы за 60 сек. и амплитуды максимального свечения составляли соответственно  $49,7 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (118,2%) и  $27,9 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (115,1%). Через 30 суток эти показатели еще

несколько увеличились. Светосумма за 60 сек. в среднем равнялась  $63,4 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (150,8%), а средняя величина амплитуды максимального свечения –  $36,0 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (148,2%). Наибольшее выражение приводимых показателей наблюдалось через 60 суток опыта. Средние величины светосуммы за 60 сек. и амплитуды максимального свечения составляли соответственно  $71,5 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (169,9%) и  $41,6 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (171,3%). Однако, через 90 суток опыта индуцированной ХЛ сыворотки крови по сравнению с предыдущим сроком несколько уменьшилось. Светосумма за 60 сек. равнялась в среднем  $62,7 \times 10^3$  импульсов ( $P < 0,05$ ) (149,1%), а средняя величина амплитуды максимального свечения составляла  $37,3 \times 10^2$  имп/сек. ( $P < 0,05$ ) (153,8%).

Таким образом, под влиянием химического воздействия в процессе опытов во II зоне происходило стабильное увеличение СРО окисления в сыворотке крови. Некоторое колебание СРО в различных сроках опыта, вероятно, отражает динамику взаимодействия СРО и антиокислительной системы в циркулирующей крови.

Изучение процесса СРО в динамике адаптации в III загородной зоне выявило достаточно контрастную картину при сравнении с результатами натуральных опытов в I и II зонах, соответственно с интенсивным и умеренным загрязнением окружающей среды химическими факторами. Степень ХЛ животных III зоны, как АФК процесса фагоцитоза, так и ПОЛ эритроцитов, сыворотки крови, в отличие от данных ХЛ в I и II зон, выраженных изменений, включая все сроки опыта, не испытывали. Наблюдаемые сдвиги регистрируемых показателей в ту или иную сторону находились в пределах физиологических колебаний. В исходном уровне среднее значение светосуммы за 300 сек. иницированной люминолом АФК в процессе фагоцитоза клеток крови кроликов, содержащихся в III загородной зоне, равнялось  $31,2 \times 10^2$  импульсов, а величина амплитуды максимального свечения в среднем составляла 26,9 имп/сек. Эти данные, как и при исследованиях в других зонах, были приняты за 100% .

Через 10 суток опыта эти показатели незначительно уменьшились и равнялись в среднем соответственно  $29,3 \times 10^2$  импульсов за 300 сек. ( $P > 0,05$ ) (94,1%) и 24,9 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (92,8%). В следующий срок опыта – через 30 суток – отмечалось некоторое усиление ХЛ. Светосумма за 300 сек. в среднем составляла  $31,8 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (102,1%), а средняя величина амплитуды максимального свечения – 28,6 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (106,6%). Через 60 суток опыта степень ХЛ оставалась примерно на

таком же уровне. Средние значения светосуммы за 300 сек. и величины амплитуды максимального свечения составляли соответственно  $34,0 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (109,2%) и 28,4 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (105,9%). Через 90 суток опыта средние значения светосуммы незначительно снизились, а амплитуды максимального свечения также незначительно повысились. И эти показатели в этот срок соответственно равнялись  $30,9 \times 10^2$  импульсов за 300 сек. ( $P > 0,05$ ) (99,3%) и 29,1 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (108,5%). Следовательно, в условиях пребывания животных в III загородной зоне в течение 90 суток, судя по инициированной ХЛ АФК, в фагоцитарной функции клеток крови существенных изменений не происходило.

Одновременное исследование инициированное люминолом ХЛ АФК в процессе стимулированного циолитом фагоцитоза клеток крови в течение натуральных опытов также статистически значимых изменений не выявило. В исходном уровне светосумма за 300 сек. в среднем равнялась  $35,9 \times 10^2$  импульсов, а средняя величина амплитуды максимального свечения составляла 24,3 имп/сек. Эти показатели, как обычно, были приняты за 100%. В последующие сроки динамика незначительных колебаний регистрируемых показателей была аналогична таковой, как и при исследовании ХЛ АФК фагоцитоза без стимулирования. Так, через 10 суток средние значения светосуммы за 300 сек. и амплитуды максимального свечения после некоторого снижения составляли соответственно  $32,7 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (91,2%) и 21,2 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (87,3%). Через 30 суток опыта наблюдалось незначительное повышение ХЛ и светосумма за 300 сек. составляла в среднем  $37,8 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (105,5%), а средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась 26,4 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (108,8%). На следующем сроке исследования, т.е. через 60 суток – эти показатели находились примерно на таком же уровне и соответственно составляли  $38,7 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (107,8%) и 24,8 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (102,2%). А к концу опыта – через 90 суток интенсивность ХЛ по сравнению с предыдущими сроками несколько снизилась. Светосумма за 300 сек. в среднем равнялась  $34,5 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (96,2%), а средняя величина амплитуды максимального свечения составляла 21,6 имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (89,1%).

Таким образом, исследование инициированной ХЛ АФК процесса фагоцитоза клеток крови со стимуляцией и без нее у кроликов, содержащихся в III загородной зоне, статистически значимых сдвигов не выявило. Имеющиеся некоторые колебания ХЛ в сторону усиления или снижения, очевидно, отражали физиологические колебания в фагоцитарной функции клеточных элементов в системе крови.

Изучение во время натуральных опытов индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов крови кроликов, содержащихся в III загородной зоне, также существенных изменений не выявило. В исходном уровне светосумма ХЛ за 60 сек. составляла в среднем  $22,1 \times 10^2$  импульсов, средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась  $19,9 \times 10$  имп/сек. Эти показатели, как и в предыдущих исследованиях, были приняты за 100%. Через 10 суток опыта эти показатели в среднем составляли соответственно  $24,0 \times 10^2$  импульсов за 60 сек (108,9%) и  $20,4 \times 10$  имп/сек (102,8%). Однако, после незначительного усиления ХЛ в этот срок опыта, через 30 суток наблюдалось некоторое снижение интенсивности свечения. Светосумма за 60 сек. равнялась в среднем  $20,7 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (93,9%), а средняя величина амплитуды максимального свечения составляла  $17,8 \times 10$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (89,7%). Через 60 суток ХЛ незначительно усилилась, а через 90 суток наблюдалось некоторое снижение свечения. Так, через 60 суток светосумма за 60 сек. в среднем составляла  $24,2 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (109,9%), среднее значение амплитуды максимального свечения равнялась  $20,6 \times 10$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (103,9%). Через 90 суток опыта эти показатели в среднем составляли соответственно  $21,1 \times 10^2$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (95,5%) и  $18,3 \times 10$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (92,2%). Следовательно, сводные показатели индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ ПОЛ эритроцитов крови отражали лишь незначительные сдвиги параметров СРО в сторону усиления или угнетения в динамике натуральных опытов, проводимых в III загородной зоне. Эти сдвиги по своей интенсивности не выходили за пределы физиологических колебаний.

Сводные показатели индуцированной перекисью водорода с сульфатом железа ХЛ сыворотки крови кроликов, содержащихся в III загородной зоне, имели аналогичную предыдущим исследованиям картину по интенсивности и динамике. В исходном уровне светосумма за 60 сек. равнялась в среднем  $42,2 \times 10^3$  импульсов, а средняя величина амплитуды максимального свечения составляла  $23,8 \times 10^2$  имп/сек. Эти данные в дальнейшем для сравнения с показателями других сроков исследования были приняты за 100%. Как при исследовании ХЛ ПОЛ эритроцитов, через 10 суток опыта было отмечено незначительное повышение показателей свечения сыворотки крови. Светосумма за 60 сек в среднем составляла  $44,8 \times 10^3$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (106,3%), средняя величина амплитуды максимального свечения равнялась  $26,0 \times 10^2$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (109,3%). Через 30 суток опыта светосумма за 60 сек. оставалась примерно в исходном уровне и в среднем составила  $41,3 \times 10^3$  импульсов

( $P > 0,05$ ) (98,1%), а средняя величина амплитуды максимального свечения несколько повысилась и равнялась  $25,9 \times 10^2$  имп/с. ( $P > 0,05$ ) (109,2%). Через 60 суток опыта среднее значение светосуммы за 60 сек. незначительно повысилось и составило  $44,0 \times 10^3$  импульсов ( $P > 0,05$ ) (104,3%), а средняя величина амплитуды почти оставалась на исходном уровне и равнялась  $23,5 \times 10^2$  имп/сек. ( $P > 0,05$ ) (98,9%). Через 90 суток опыта среднее значение светосуммы несколько уменьшилось, а средняя величина амплитуды максимального свечения оставалась примерно на таком же уровне. Эти показатели соответственно составляли  $38,4 \times 10^3$  импульсов за 60 сек. ( $P > 0,05$ ) (91,1%) и  $23,2 \times 10^2$  имп/сек ( $P > 0,05$ ) (97,8%).

Таким образом, СРО липидов сыворотки и ПОЛ эритроцитов крови в процессе натуральных опытов, проводимых в III загородной зоне, испытывали односторонние сдвиги, которые оставались по интенсивности в пределах физиологических колебаний.

Резюмируя результаты ХЛ, полученные в процессе натуральных опытов в различных зонах, следует отметить:

1) I зона с интенсивным химическим загрязнением среды (в 3 км от УПО „Химпром“), изменения ХЛ АФК в процессе фагоцитоза, с одной стороны, ХЛ ПОЛ эритроцитов и сыворотки крови, с другой, носили неоднозначный характер. Фагоцитарная функция клеток крови в течение всего срока опыта была угнетена. Процесс СРО в эритроцитах и сыворотке крови имел волнообразную динамику. Так, через 10 суток опыта отмечалось усиление СРО, а на 30 сутки наблюдалась его нормализация. В последующие сроки вновь происходило повышение интенсивности СРО в эритроцитах и сыворотке крови. Следовательно, состояние лейкоцитов, как показателя иммунной системы и красной крови, в механизме реализации адаптивной реакции организма в ответ на действие химических факторов малой интенсивности окружающей среды I зоны, находилось в принципиально разных позициях. Красная кровь, как функциональная система, ответственная за адаптацию, как доминирующее звено в поддержании энергетического баланса в организме, благодаря формированию системного структурного следа совершенной адаптации на 30 суток опыта вернулась к параметрам, близким к исходному уровню. Однако, чрезмерное неадекватное к физиологическим возможностям организма и продолжительное воздействие в последующие сроки привело к разрушению сформированных адаптивных механизмов и развитию патологической деадаптации. Состояние недостаточности естественной защиты в продолжении всего опыта в I зоне, по-видимому,



выражает такую ситуацию, когда формирование выраженного системного структурного следа в доминирующей функциональной системе, ответственной за адаптацию (структурное преобладание этой системы), может сопровождаться той или иной степенью атрофии или функциональной несостоятельности других систем. Следовательно, угнетение фагоцитарной функции клеток крови без признаков улучшения состояния даже через 30 суток опыта, когда наблюдалась совершенная адаптация в системе эритрона, связано, вероятно, с тем, что механизмы естественной резистентности занимали роль „ущербной функциональной системы“ в реализации перераспределения жизненных ресурсов в процессе адаптации организма к неблагоприятным условиям.

2) Во II зоне с умеренным химическим загрязнением среды (в 7 км от нефтеперерабатывающего комплекса) динамика изменений СРО носила несколько иной характер. Фагоцитарная функция клеток крови на 10 сутки опыта была несколько более выражена, что, очевидно, связано с иммунным напряжением, поддерживаемым усилиями механизма срочной адаптации в начальной стадии воздействия. А в дальнейших сроках наблюдалось угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов, как признак развития патологической деадаптации.

Сводные показатели ХЛ в эритроцитах и сыворотке крови указывали на усиление СРО в системе крови во всех сроках исследования натуральных опытов, проводимых во II зоне. Высокий уровень СРО в эритроцитах и сыворотке крови на всем протяжении опыта, по-видимому, отражает особенности динамики адаптивной реакции организма на негативное воздействие. В этих условиях можно предположить по крайней мере 2 ситуации. Первая, когда после периода срочной адаптации в силу чрезмерности воздействия на организм не реализуется механизм формирования долговременной совершенной адаптации. Вторая, когда после формирования системного структурного следа долговременной адаптации наступает период „локального истощения“ и стирания механизмов совершенной адаптации доминирующих функциональных систем, в т.ч. системы крови. Однако, нами не были зарегистрированы признаки сформированной совершенной адаптации с нормализацией интенсивности СРО в системе крови. Но это еще не означает отсутствия периода совершенной адаптации в течение всего времени пребывания животных в загрязненной зоне. Нормализация СРО в крови могла наступить в промежутках между исследованиями. Во всех предполагаемых ситуациях в результате продолжительного химического воздействия при пребывании животных во II зоне наступала патологическая деадаптация,

в механизме которой присутствует усиление СРО в эритроцитах и сыворотке крови.

3) Результаты ХЛ, полученные в натурных опытах, проводимых в III загородной зоне, не выходили за пределы физиологических колебаний. Такая динамика процесса СРО в системе крови указывает на сохранение физиологического гомеостаза, благодаря низкому уровню загрязнения окружающей среды, которое находилось в рамках адаптивных возможностей организма.

### **Выводы**

1. Изучение ХЛ АФК фагоцитоза позволило установить прямую отрицательную зависимость состояние неспецифической защиты, а также клеточного иммунитета организма млекопитающих от уровня загрязнения окружающей среды в промышленных центрах РБ химическими факторами малой интенсивности.

2. Анализ данных ПОЛ эритроцитов и сыворотки крови кроликов показали негативное действие на обменные процессы организма химического загрязнения в промышленных городах РБ, в частности, усиление свободнорадикального окисления.

3. Параллельное определение тесноты связи признаков – АФК фагоцитоза и перекисное окисление липидов (ПОЛ) у кроликов, содержащихся в Уфе выявило умеренно тесную статистически достоверную отрицательную связь между изучаемыми признаками .

4. Исследование динамики фенотипической адаптации животных во время пребывания в зоне интенсивного химического загрязнения показало снижение в организме фагоцитарной функции клеток крови на всем протяжении наблюдения без заметных признаков формирования долгосрочной совершенной адаптации. Низкие показатели фагоцитоза в организме и в сроки (30 суток опыта), когда отмечались признаки формирования долгосрочной совершенной адаптации в функциональных системах, ответственных за энергообеспечение, в частности, эритроциты, указывает на высокую „цену адаптации“. Фагоцитарная деятельность оказывалась в роли „ущербной“ функциональной системы вследствие активного адаптивного перераспределения жизненных ресурсов в пользу совершенства механизмов энергообеспечения в кризисной для организма ситуации.

5. Изучение ХЛ ПОЛ эритроцитов и сыворотки крови у животных, содержащихся в I зоне с интенсивным химическим загрязнением

среды выявило фазовое состояние в динамике сдвигов СРО в процессе реализации адаптивных механизмов в организме. Так, через 30 суток, в период формирования системного структурного следа совершенной адаптации, отмечалась нормализация уровня СРО в крови. В последующие сроки – через 60, 90 суток – когда наступала стадия деадаптации, вновь наблюдалось усиление СРО в системе крови.

### **Литература**

1. Безрукавникова Л.М., Курепина Л.М. Хемилиюминесценция сыворотки крови экспериментальных животных при воздействии полиметаллической пыли / Гигиена труда и профзаболевания. – М.: 1986.- №9.- С.48-51.
2. Возрастные особенности свободнорадикального окисления липидов и антиоксидантной защиты в эритроцитах здоровых людей /Т.Д. Журавлева, С.И. Суплетов, Н.С. Киянюк, Д.Б. Абубакирова //Клиническая лабораторная диагностика. –М.: 2003.- 8.- С.17-18.
3. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы в биологических системах. / Соровский образовательный журнал. – 2000.- Т 6. - №12.- С.13-19.
4. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2011 г. - Уфа: 2012. -367 с.
5. Дубинина Е.Е. Роль активных форм кислорода в качестве сигнальных молекул в метаболизме тканей при состояниях окислительного стресса./ Вопросы современной химии.- 2001.- Т.47.- № 6.-С. 561- 581.
6. Кузьменко Д.И., Серебров В.Ю., Удинцев С.Н. Свободнорадикальное окисление, активные формы кислорода и антиоксиданты: роль в физиологии и патологии клетки. М.: 2007. - С.22-27; 7. Михайлов В.И. Методологические основы антиоксидантной защиты населения от влияния вредных для здоровья экологических и производственных факторов /Новое медицинское оборудование, новые медицинские технологии. -М.: 2007.-18.-С.5-10.
8. Турпаев А.Т. Активные формы кислорода и регуляция экспрессии генов./ Биохимия. - 2002.- Т.61.-С.-339-352.
9. Петров П.К. Математико-статистическая обработка результатов педагогических исследований.- Ижевск: 2006.- 85 с.

### **Список литературы в транслитерации**

1. Bezrukavnikova L.M., Kurepina L.M. Khemiluminescenciya syvorotki krovj eksperimentalnykh zhivotnykh pri vozdeictvii polimetalicheskoy pyli /Gigiena truda i profzabolevanij.-M.:1986. 9.S.48-51.
2. Vozrastnyye osobennosti svobodnoradikalnogo okisleniy lipidov I antioksidantnoy zaschity v eritratsitakh zdorovykh lyudey/Т. D.Zhuravleva, S. I. Supletov, N.S./Kiyanyuk, D.B. Abubakirova//Klinicheskaya laboratornaya diagnostika.-M.: 2003.-S.17-18.

3. Vladimirov YU.A. Svobodnye radikaly biologicheskikh sistemakh./ Sorovskiy obrazovatelnyy zhurnal.- 2000. – T.6. – 12. - S. 13-19.
4. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayaschei sredy Respubliki Bashkortstan v 2011 g.- Ufa. 2012.- S.22-27.
5. Dubinina A.A. Rol aktivnykh form kisloroda v chestve signalnykh molekuly v metabolizme tkanei pri sostoyanii oksidativnogo stressa./ Voprosy sovremennoy khimii. – 2001. - T.47.- 6. – S.561 -581.
6. Kuzmenko D.I., Serebrov B.YU., Udintsov. Svobodnoradikalnoe okislenie, aktivnye formy kisloroda i antioksidanty: rol v fiziologii i patologii kletki. M.: 2007.- S.22-27.
7. Mikhailov B. I. Metodologicheskie osnovy antioksidantnoi zashchity naseleniya ot vliyaniya vrednykh dlya zdorovya ekologicheskikh i proizvodstvennykh faktorov/Novoe meditsinskoe oborudovanie, novye meditsinskie tekhnologii - M.: 2007.- S.5-10.
8. Turpaev K.T. Aktivnye formy kisloroda i regulyatsiya ekspressiya genov/ Biokhimiya. – 2002. Tom 61.- S. – 339 – 352.
9. Petrov P.K. Matematiko-statisticheskaya obrabotka rezultatov pedagogicheskikh isledovaniy. –Izhevsk: 2006.- 85 s.

## Приложение 1

**Таблица 1**

Сводные показатели хемилюминесценции крови кроликов разных регионов РБ  
( $I_{max}$  - максимальное свечение; S- светосумма;  $M \pm m$ ;  $n-10$ ; \* -  $P < 0,05$  в сравнении с данными п.Горный)

Показатели крови	Пос. Горный	Пос.Цех керамики	Город Белебей	Город Уфа	Город Ишимбай
АФК фагоцитоза- $I_{max}$ (имп/сек.)	26,9±0,41	19,5±0,36*	18,8±0,36*	17,0±0,34*	16,1±0,35*
АФК фагоцитоза- $I_{max}$ (%)	100,0	72,8	69,9	63,4	59,9
АФК фагоцитоза- S-300 с. (имп x 10 <sup>2</sup> )	31.2±0,42	23,1±0,39*	22,1±0,37*	19,6±0,32*	19.0±0,36*
АФК фагоцитоза- S-300 с. (%)	100,0	74,2	71,1	62,9	61,1
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{max}$ (имп/сек.)	24,3±0,39	17,7±0,31*	18,9±0,35*	15,0±0,38*	15,1±0,32*
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{max}$ (%)	100,0	72,8	78,1	69,1	62,1
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с.(имп x 10 <sup>2</sup> )	35,9±0,66	27,1±0,59*	28,4±0,61*	21,4±0,58*	21,9±0,55*
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с. (%)	100,0	75,5	79,2	59,8	61,1
ПОЛ эритроцитов- $I_{max}$ (x 10 имп/сек.)	19,9±0,44	25,4±0,49*	27,0±0,48*	30,4±0,52*	32,1±0,53*
ПОЛ эритроцитов- $I_{max}$ (%)	100,0	128,1	135,9	152,9	161,3
ПОЛ эритроцитов- S-60 с. (имп x 10 <sup>2</sup> )	22,1±0,41	27,6±0,48*	38,5±0,51*	33,8±0,53*	34,9±0,55*
ПОЛ эритроцитов- S-60 с. (%)	100,0	124,9	129,8	153,1	158,2
ХЛ сыворотки- $I_{max}$ (x 10 <sup>2</sup> имп/сек.)	23,8±0,51	32,3±0,58*	31,8±0,53*	38,8±0,61*	37,1±0,57*
ХЛ сыворотки- $I_{max}$ (%)	100,0	135,9	133,8	163,1	156,2
ХЛ сыворотки- S-60 с.(имп x 10 <sup>3</sup> )	42,2±1,2	59,5±1,4*	56,0±1,3*	67,4±1,2*	68,0±1,5*
ХЛ сыворотки- S-60 с.(%)	100,0	141,2	132,8	159,8	161,3

## Приложение 2

### Таблица 2

Сводные показатели хемилиуминесценции крови кроликов I-зоны (3 км от упу «химпром» - г. Уфа) ( $I_{\max}$  - максимальное свечение ;  $S \pm$  - светосумма;  $M \pm t$ ;  $n-10$ ; \* -  $P < 0,05$  в сравнении с исходным уровнем)

Показатели крови	Исходный уровень	10 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.
АФК фагоцитоза- $I_{\max}$ (имп/сек.)	23,2±0,31	17,0±0,28 *	16,1±0,26*	15,3±0,2 3*	16,5±0,29*
АФК фагоцитоза- $I_{\max}$ (%)	100,0	73,4	69,5	66,1	71,2
АФК фагоцитоза- S-300 с. (имп x 10 <sup>2</sup> )	23,5±0,42	22,2±0,43 *	19,4±0,37*	20,0±0,4 1*	19,6±0,39*
АФК фагоцитоза- S-300 с. (%)	100,0	78,1	68,2	70,3	69,9
АФК фагоцитоза (пиолит)- $I_{\max}$ (имп/сек.)	28,1±0,43	17,9±0,39 *	22,2±0,41*	19,0±0,3 8*	19,9±0,42*
АФК фагоцитоза (пиолит)- $I_{\max}$ (%)	100,0	63,9	79,1	67,7	70,1
АФК фагоцитоза (пиолит)- S-300 с. (имп x 10 <sup>2</sup> )	38,3±0,63	25,6±0,58 *	29,7±0,61*	27,1±0,5 7*	28,0±0,62*
АФК фагоцитоза (пиолит)- S-300 с. (%)	100,0	67,1	77,8	70,8	73,3
ПОЛ эритроцитов- $I_{\max}$ (x 10 имп/сек.)	19,4±0,39	27,1±0,42 *	19,8±0,33*	32,2±0,4 1*	29,7±0,43*
ПОЛ эритроцитов- $I_{\max}$ (%)	100,0	139,8	102,1	166,1	153,5
ПОЛ эритроцитов- S-60 с. (имп x 10 <sup>2</sup> )	23,1±0,44	32,6±0,46 *	22,5±0,39*	39,2±0,4 8*	34,6±0,72*
ПОЛ эритроцитов- S-60 с. (%)	100,0	141,2	97,8	170,1	149,8
ХЛ сыворотки- $I_{\max}$ (x 10 <sup>2</sup> имп/сек.)	20,8±0,44	33,2±0,43 *	20,1±0,39	34,1±0,4 5*	31,1±0,42*
ХЛ сыворотки- $I_{\max}$ (%)	100,0	159,8	96,6	163,5	149,2
ХЛ сыворотки- S-60 с. (имп x 10 <sup>3</sup> )	45,2±0,88	73,1±1,12- *	46,7±0,92*	72,3±1,3 5*	68,2±1,1*
ХЛ сыворотки- S-60 с. (%)	100,0	161,8	103,4	160,1	151,1

### Приложение 3

Таблица 3

Сводные показатели хемилюминесценции крови кроликов II-зоны (7 км от нефтеперерабатывающего комплекса – п. «Цех керамики») ( $I_{max}$  - максимальное свечение; S- светосумма;  $M \pm t$ ;  $n=10$ ; \* -  $P < 0,05$  в сравнении с исходным уровнем)

<u>Показатели</u> <u>крови</u>	<u>Исходный</u> <u>уровень</u>	<u>10 сут.</u>	<u>30 сут.</u>	<u>60 сут.</u>	<u>90 сут.</u>
АФК фагоцитоза- $I_{max}$ (имп/сек.)	<u>24,3+0,39</u>	<u>33,4+0,41</u>	<u>19,7+0,3</u>	<u>16,0+0,3</u>	<u>17,5+0,3</u>
		*	8*	6*	6*
АФК фагоцитоза- $I_{max}$ (%)	<u>100,0</u>	<u>137,5</u>	<u>81,1</u>	<u>65,9</u>	<u>72,1</u>
АФК фагоцитоза- S-300 с.(имп x $10^2$ )	<u>29,6+0,42</u>	<u>41,7+0,45</u>	<u>23,6±0,4</u>	<u>21,6±0,3</u>	<u>20,6±0,3</u>
		*	1*	8*	9*
АФК фагоцитоза- S-300 с. (%)	<u>100,0</u>	<u>141,2</u>	<u>79,8</u>	<u>73,1</u>	<u>69,7</u>
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{max}$ (имп/сек.)	<u>28,8+0,61</u>	<u>39,0+0,66</u>	<u>20,5+0,5</u>	<u>20,1+0,5</u>	<u>21,1+0,5</u>
		*	8*	6*	9*
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{max}$ (%)	<u>100,0</u>	<u>135,5</u>	<u>71,2</u>	<u>69,7</u>	<u>73,3</u>
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с.(имп x $10^2$ )	<u>40,1+0,77</u>	<u>56,4+0,81</u>	<u>29,4+0,7</u>	<u>27,3+0,7</u>	<u>28,7+0,6</u>
		*	2*	1*	8*
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с. (%)	<u>100,0</u>	<u>140,8</u>	<u>73,5</u>	<u>68,1</u>	<u>71,8</u>
ПОЛ эритроцитов- $I_{max}$ (x 10 имп/сек.)	<u>18,6+0,44</u>	<u>21,3+0,39</u>	<u>27,6+0,4</u>	<u>30,3+0,4</u>	<u>27,2+0,4</u>
		*	1*	6*	3*
ПОЛ эритроцитов- $I_{max}$ (%)	<u>100,0</u>	<u>114,7</u>	<u>148,5</u>	<u>163,2</u>	<u>146,4</u>
ПОЛ эритроцитов- S-60 с.(имп x $10^2$ )	<u>21,2+0,48</u>	<u>23,2+0,51</u>	<u>32,0+0,4</u>	<u>36,3+0,5</u>	<u>29,6+0,4</u>
		*	9*	3*	6*
ПОЛ эритроцитов- S-60 с.(%)	<u>100,0</u>	<u>109,8</u>	<u>151,2</u>	<u>171,3</u>	<u>139,8</u>
ХЛ сыворотки- $I_{max}$ (x $10^2$ имп/сек.)	<u>24,3±0,51</u>	<u>27,9±0,53</u>	<u>36,0±0,6</u>	<u>41,6±0,6</u>	<u>37,7±0,5</u>
		*	1*	3*	9*
ХЛ сыворотки- $I_{max}$ (%)	<u>100,0</u>	<u>115,1</u>	<u>148,2</u>	<u>171,3</u>	<u>153,8</u>
ХЛ сыворотки- S-60 с.(имп x $10^3$ )	<u>42,1+0,85</u>	<u>49,7+0,93</u>	<u>63,4+1,3</u>	<u>71,5+1,4</u>	<u>62,7+1,1</u>
		*	*	*	*
ХЛ сыворотки- S-60 с.(%)	<u>100,0</u>	<u>118,2</u>	<u>150,8</u>	<u>169,9</u>	<u>149,1</u>

## Приложение 4

### Таблица 4

Сводные показатели хемилюминесценции крови кроликов III-загородной зоны (пос.Горный) ( $I_{\max}$  - максимальное свечение ; S- светосумма;  $M \pm m$ ;  $n-10$ ; \* -  $P < 0,05$  в сравнении с исходным уровнем)

Показатели крови	Исходный уровень	10 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.
АФК фагоцитоза- $I_{\max}$ (имп/сек.)	26,9±0,55	24,9±0,59	28,6±0,61	28,4±0,66	29,1±0,71
АФК фагоцитоза- $I_{\max}$ (%)	100,0	92,8	106,6	105,9	108,5
АФК фагоцитоза- S-300 с.(имп x 10 <sup>2</sup> )	31,2±0,69	29,3±0,58	31,8±0,66	34,0±0,77	30,9±0,71
АФК фагоцитоза- S-300 с. (%)	100,0	94,1	106,6	105,9	108,5
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{\max}$ (имп/сек.)	24,3±0,48	21,2±0,41	26,4±0,52	24,8±0,55	21,6±0,38
АФК фагоцитоза (циолит)- $I_{\max}$ (%)	100,0	87,3	108,8	102,2	89,1
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с.(имп x 10 <sup>2</sup> )	35,9±0,73	32,7±0,69	37,8±0,79	38,7±0,81	34,5±0,66
АФК фагоцитоза (циолит)- S-300 с. (%)	100,0	91,2	105,3	107,8	96,5
ПОЛ эритроцитов- $I_{\max}$ (x 10 имп/сек.)	19,9±0,41	20,4±0,44	17,8±0,38	20,6±0,36	18,3±0,42
ПОЛ эритроцитов- $I_{\max}$ (%)	100,0	102,8	89,7	103,9	92,2
ПОЛ эритроцитов- S-60 с.(имп x 10 <sup>2</sup> )	22,1±0,46	24,0±0,51	20,7±0,39	24,2±0,52	21,1±0,41
ПОЛ эритроцитов- S-60 с.(%)	100,0	108,9	93,9	109,9	95,6
ХЛ сыворотки- $I_{\max}$ (x 10 <sup>2</sup> имп/сек.)	23,8±0,61	26,0±0,63	25,9±0,66	23,5±0,58	23,2±0,55
ХЛ сыворотки- $I_{\max}$ (%)	100,0	109,3	109,2	98,9	97,8
ХЛ сыворотки- S-60 с.(имп x 10 <sup>3</sup> )	42,2±1,2	44,8±1,5	41,3±0,9	44,0±1,4	38,4±0,8
ХЛ сыворотки- S-60 с.(%)	100,	10,6	98,1	104,3	91,1



Free radical oxidation in the blood system chemical pollution environment

D.A. Enikeyev, E.N. Khisamov, S.A. Enikeyeva, I.T. Idrisova

GOU VPO «Bashkir State Medical University, Ministry of Health of Russia», Ufa, Russia ( 450000, Ufa, st. Lenin 1.; email: Hisamov7958 @ yandex.ru)

Occupation: pathophysiology 140303 .

A study of rabbit blood chemiluminescence contained towns and rural areas of the Republic of Bashkortostan ( RB) . Assessing the level of free radical oxidation was conducted in terms of the light sum (S) and the maximum luminescence (J). Received negative indicators in the urban environment . Comparative study showed declines CL AFO process of phagocytosis of white blood cells and red blood cells increase in lipid peroxidation and serum of rabbits kept in the cities in terms of chemical pollution. Was investigated in parallel character of individual adaptation to chemical factors of low intensity environment in terms of FRO blood. For stays animals brought from the countryside to cities , industrial centers of RB for three months were marked by phase states - signs of adaptation and subsequent deadaptatsii , particularly depression of phagocytic activity and increased lipid peroxidation of blood, reflecting uncoupling of oxidative phosphorylation.

Keywords: blood chemiluminescence, town, village.

***Europäische Akademie der Naturwissenschaften  
Gegründet 2002***

30161 Hannover

Husarenstr. 20

E-mail: vladimirt2007@googlemail.com

***Vorstand und Beirat***

***Vorstand:***

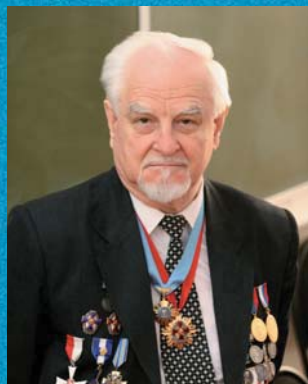
1. Vorsitzender Prof. Dr. V. Tyminskiy
2. Vorsitzender Prof. Dr. A. Gorbunov
3. Vorsitzender Prof. Dr. chem. R. Melik-Ohanjanian

***Beirat***

Prof. Dr. V. Tyminskiy

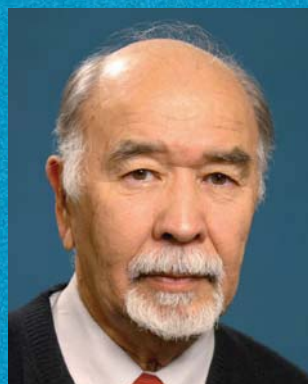
Prof. Dr. med. K Matkovski

Prof. Dr. B Rimantas



**Еникеев Дамир Ахметович** – академик Международной Академии наук высшей школы, Европейской и Российской Академии естественных наук, Международной академии авторов научных открытий и изобретений, заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, профессор, доктор медицинских наук (Россия).  
E-mail:enikeev@mail.ru

**Хисамов Эрнст Нургалиевич** – академик Европейской Академии естественных наук, профессор, доктор биологических наук (Россия).  
E-mail:Hisamov7958@yandex.ru



**Еникеева Светлана Ахметовна** - академик Европейской Академии естественных наук, заслуженный врач Республики Башкортостан, профессор, доктор медицинских наук (Россия).

**Идрисова Лия Туляковна** - академик Европейской Академии естественных наук, профессор, доктор медицинских наук (Россия).  
E-mail:Liyatul@mail.ru

