

УДК 635.174

Л.А. Ничкова, Е.В. Буркова, студентка,

А.А. Солдатов, доцент, канд. биолог. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

О КРИТЕРИЯХ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ЭФФЕКТОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Экспериментально исследовано влияние ИК-излучения на гематологические характеристики циркулирующей крови мышей. Оценена концентрация гемоглобина, число циркулирующих эритроцитов и гематокрит в крови мышей при различных режимах ИК-излучения.

Во многих производственных процессах (металлургии, стекловарении, кузнечных работах) оптический диапазон энергии является ведущим фактором производственной среды. Он включает инфракрасное (ИК), видимое и ультрафиолетовое излучение. ИК-излучению уделяется особо пристальное внимание, так как действие его в производственных процессах является наиболее выраженным [1].

На основании исследований, проведенных за последние 20 лет, было показано, что ИК-излучение вызывает ряд негативных изменений в организме человека: снижение естественной резистентности организма; нарушение сократительной функции миокарда; изменение сосудистого тонуса; усиление свободнорадикальных процессов на фоне снижения активности систем антиоксидантной защиты клеток; изменение проницаемости клеточных мембран; наличие денатурационных изменений в белковых молекулах [2].

При определении допустимых уровней облучения для реальных условий производства, а также средств профилактики и защиты необходимо учитывать спектральный состав ИК-излучения источника и

время воздействия его на организм человека. Однако в настоящее время допустимые нормы излучений, в том числе ИК, имеют дискретный характер, что не отвечает объективной природе биохимических реакций в организме живых объектов под воздействием этого излучения. Более объективная оценка влияния ИК-излучения на живые объекты, в том числе и на организм человека, должна производиться с учетом временного фактора. Поэтому необходимо дальнейшее исследование интегрального влияния ИК-излучений на живые объекты с целью установления объективных нормируемых значений и разработки мероприятий по защите работающих людей от вредного воздействия этих излучений.

Представляет интерес исследование влияния ИК-излучения на гематологические характеристики циркулирующей крови мышей в условиях эксперимента. При этом необходимо: оценить концентрацию гемоглобина, число циркулирующих эритроцитов и гематокрит в крови мышей при различных режимах ИК-излучения; определить эритроцитарные индексы (MCV, MCH, MCHC) в условиях данного воздействия; изучить эритрограмму циркулирующей крови мышей и ее изменение в условиях ИК-излучения; исследовать цитометрические характеристики циркулирующей эритроцитарной массы. В качестве объекта исследования использованы белые мыши, предоставленные СЭС г. Севастополя. Они содержались в хроматографических банках. При кормлении использовали стандартную кормовую смесь. Суточный пищевой рацион составлял 5 г на 1 г веса тела.

Экспериментальная схема. В работе использовали климатическую камеру серии K3001 «Фейтрон» (производство Германии). Она применяется преимущественно для научных и промышленных испытаний при постоянных и изменяющихся климатических параметрах, а также для проведения испытаний климатической защиты. Использованы следующие режимы ИК-излучения: 140 Вт/м² (экспозиция 8 ч), 280 Вт/м² (экспозиция 4 ч), 350 Вт/м² (экспозиция 2 ч), 560 Вт/м² (экспозиция 3 ч), 700 Вт/м² (экспозиция 3,5 ч), 1400 Вт/м² (экспозиция 2,5 ч). Во всех вариантах опыта использовалось излучение в диапазоне 0,75...10 мкм. Отбор крови производился путем декапитации. Образцы помещались в полиэтиленовые пробирки объемом 2,5 мл. В качестве антикоагулянта применялся гепарин («Рихтер», Венгрия). Во избежание развития стрессорных реакций в момент отбора проб крови животных предварительно усыпляли (эфирный наркоз).

Результаты исследований. ИК-излучение не оказывало значимого влияния на кислородную емкость крови животных. Концентрация гемоглобина и число эритроцитов в циркулирующей крови оставались на уровне контрольных значений и не зависели от мощности излучения и продолжительности его действия. Имеющиеся различия не были статистически выражены.

Гематокритная величина, отражающая соотношение объемов плазмы и циркулирующей эритроцитарной массы, напротив, претерпевала существенные изменения. В диапазоне ИК-излучения 140...350 Вт/м² был отмечен рост значений данного показателя на 8,1...16,8%. При 140 и 350 Вт/м² различия были достоверны. В сравнении с контрольной группой животных уровень значимости достигал соответственно 0,05 и 0,01. Максимальные мощности ИК-излучения (560 и 700...1400 Вт/м²) оказывали менее выраженный эффект.

Среди эритроцитарных индексов наиболее существенные изменения претерпевал среднеклеточный объем циркулирующих эритроцитов (MCV). Независимо от мощности ИК-излучения отмечали рост значений данного показателя на 7,2...18,8%. В диапазоне 140...350 Вт/м² различия были статистически значимы ($p < 0,05$ и $p < 0,001$), где p -уровень значимости. Среднеклеточная концентрация гемоглобина (MCHC), напротив, снижалась. Величина снижения составила 3,1...10,9% и не зависела от мощности и продолжительности действия ИК-излучения. При 280 и 350 Вт/м² изменения наиболее выражены ($p < 0,05$). В отличие от предыдущих двух эритроцитарных индексов среднеклеточное содержание гемоглобина (MCH) оставалось на уровне контрольных величин. Различия не были статистически выражены.

Кривая Прайс-Джонса у контрольной группы животных не имела четко выраженного максимума (рисунок 1). Эритроциты с диаметром 5,9...6,5 мкм встречались практически с равной вероятностью 24...27%. Выборка в целом была достаточно гетерогенной. Разница между минимальными и максимальными значениями составляла 2,93 мкм. Средние значения ($6,05 \pm 0,02$ мкм) соответствовали данной группы лабораторных животных [3].

ИК-излучение мощностью 140...280 Вт/м² давало еще более неоднородную выборку. Особенно это заметно при 140 Вт/м². В распределении появлялось два максимума в области 5,9 и 6,5 мкм. Различия между минимальными и максимальными величинами достигали 3,92 мкм. Подобные изменения обычно наблюдаются при макроцитарных анемиях. Расчеты показали, что средний диаметр эритроцита увеличивался на 0,11 мкм ($p < 0,001$) и достигал $6,16 \pm 0,03$ мкм.

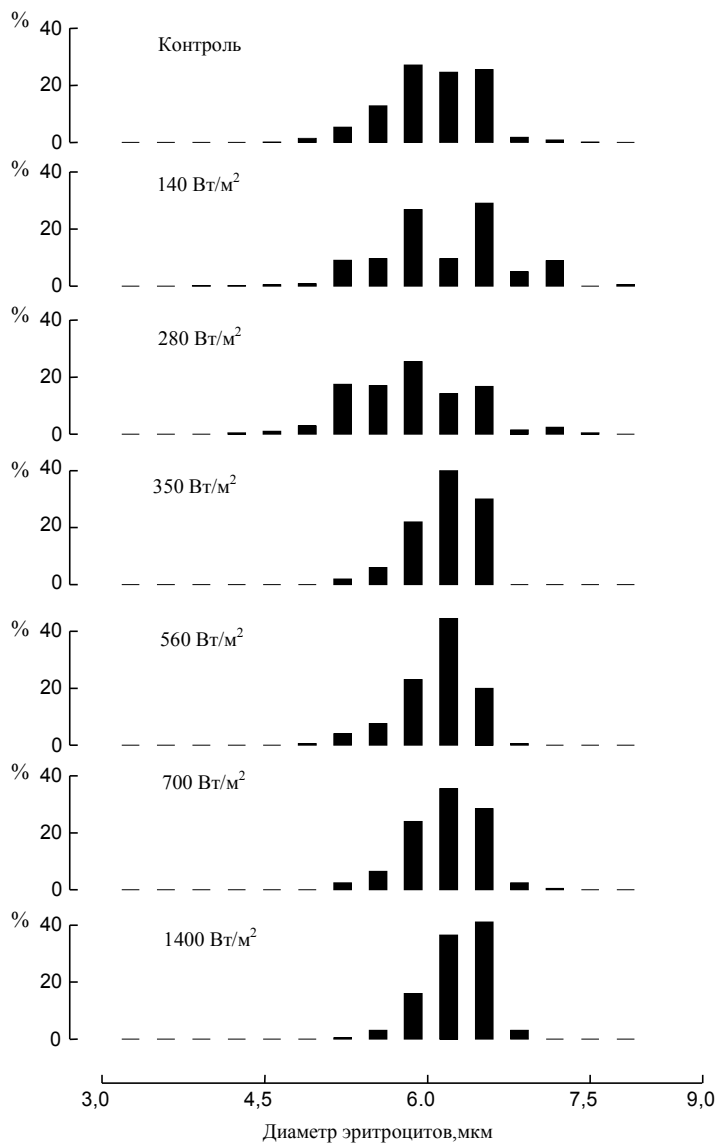


Рисунок 1 – Диаграммы Прайс-Джонса для циркулирующих эритроцитов в условиях ИК-излучения разной мощности

При мощности излучения выше 350 Вт/м^2 картина распределения приобретала качественно иной характер. В кривых Прайс-Джонса появлялся четко выраженный максимум. При 350, 560 и 700 Вт/м^2 он приходился на

значения 6,2 мкм, а при 1400 Вт/м² – на 6,5 мкм. Распределение становилось более однородным. Об этом свидетельствовало снижение разницы между минимальными и максимальными значениями диаметра клеток до уровня 1,30...1,96 мкм. Максимальные значения диаметра эритроцита при этом были отмечены при 1400 Вт/м². Они достигали 6,27±0,02 мкм, что на 0,22 мкм ($p < 0,001$) было выше контрольного уровня.

Таким образом, при возрастании интенсивности ИК-излучения отмечалось увеличение диаметра циркулирующих эритроцитов. Об этом свидетельствовал рост средних значений данного показателя и смещение максимумов кривых Прайс-Джонса вправо. Распределение клеток красной крови по цитометрическим критериям при этом приобретало более однородный характер. Диапазон вариации признака снижался.

Микроскопическое изучение мазков периферической крови мышей позволило выявить в ней ряд характерных морфологических изменений у циркулирующих клеток красной крови. Результаты этих исследований иллюстрированы рисунком 2.

Полихроматофильные эритроциты. В отличие от обычных клеток красной крови эти формы имеют сероватую окраску цитоплазмы, тогда как у остальных эритроцитов она красно-оранжевого оттенка (ацидофильная). Процентное содержание этих клеток по отношению к остальным эритроидным формам на рисунке 1 (первая гистограмма).

Самое высокое содержание этих клеток было отмечено в крови контрольной группы животных (2,04±0,48%). ИК-излучение мощностью 140...350 Вт/м² вызывало заметное снижение количества этих форм. В сравнении с контрольной группой различия составили 59,8...94,1% ($p < 0,001$). Инфракрасное излучение более высокой мощности 560...1400 Вт/м² не вызывало подобной реакции. Контролируемые величины оказались близки к контрольным значениям.

Гипохромные эритроциты. Данные клетки отличаются от обычных эритроцитов более бледной окраской и просветленной центральной частью. Причины, вызывающие появление этих форм в крови будут обсуждены ниже. Результаты подсчета процентного содержания данных клеток в крови в условиях ИК-излучения показаны на рисунке 1 (вторая гистограмма сверху).

У контрольной группы животных эти клетки не были выявлены. Все эритроциты имели равномерную окраску. Наиболее существенные изменения отмечались в крови животных, испытывающих действие ИК-излучения малой мощности (140...280 Вт/м²). Особенно это было заметно при 140 Вт/м². Уровень гипохромных эритроцитов составлял 37,0±20,8%. При 280 Вт/м² он составлял 3,17±1,51%. Радиация более высокой мощности не вызывала подобных изменений. Гипохромные эритроциты либо не выявлялись (350 Вт/м²), либо уровень их был невысок – не более 1,0% (560...1400 Вт/м²).

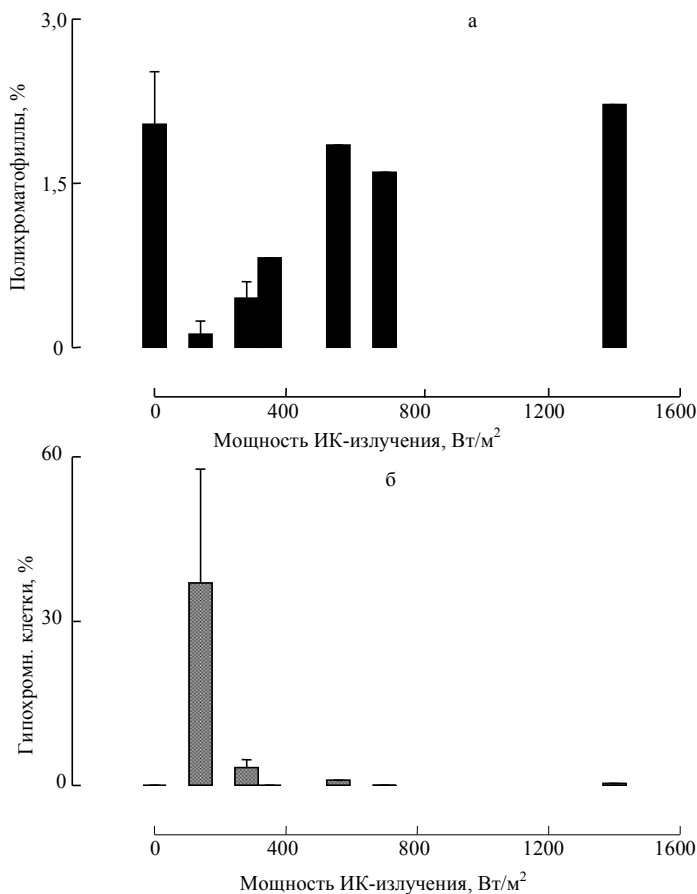


Рисунок 2 – Влияние мощности ИК-излучения на уровень:
а) полихроматофильных и б) гипохромных эритроцитов в
циркулирующей крови мышей

Звездчатые формы. Подобные эритроциты имеют на своей поверхности большое число шиповатых отростков. Это придает клетке форму, напоминающую звезду. На рисунке 2 (первая гистограмма) показано процентное содержание этих эритроцитов в крови животных в зависимости от мощности ИК-излучения. У контрольной группы эти эритроидные формы выявлены не были. Появление их в крови отмечали только при низких мощностях ИК-излучения (140 и 280 Вт/м²). Наиболее заметный рост обнаружен при 280 Вт/м². Уровень подобных эритроцитов в крови достигал $39,1 \pm 17,5\%$. У животных, испытавших действие ИК-излучения высокой мощности, эти эритроидные формы в крови не обнаруживались.

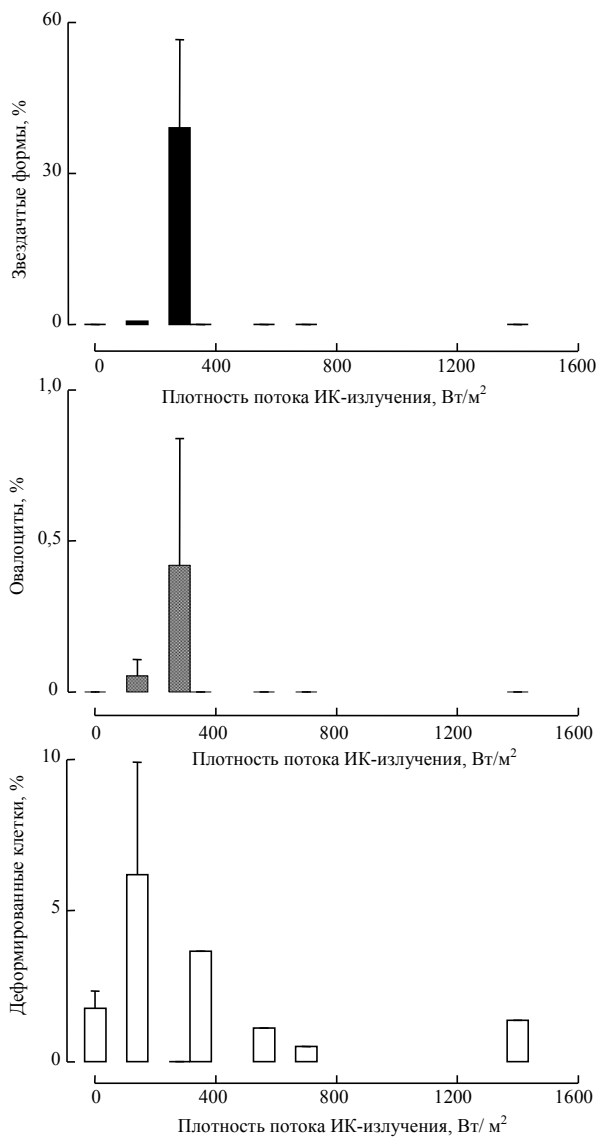


Рисунок 3 – Диаграмма влияние плотности потока ИК-облучения на содержание звездчатых, овальных и деформированных эритроцитов в циркулирующей крови мышей

Овальные формы. В отличие от обычных эритроцитов данные клетки имели не округлую форму, а овальную. Процентное содержание этих эритроцитов в крови мышей опытных и контрольной групп изображено на рисунке 3 (вторая гистограмма). Кровь животных контрольной группы подобных клеток не содержала. Увеличение их в крови, как и в предыдущих случаях, отмечалось при излучении в 140 и 280 Вт/м². При этом процент их был не столь значителен, как для звездчатых форм. При 140 Вт/м² он составлял $0,054 \pm 0,054$ %, а при 280 Вт/м² – $0,42 \pm 0,42$ %.

Деформированные клетки. К данной группе относили эритроциты, не имеющие округлой формы, с нарушенной краевой зоной. Результаты подсчета процентного содержания этих клеток в крови показаны на рисунке 3 (последняя гистограмма). У контрольной группы животных содержание данных клеток в крови находилось на уровне $1,77 \pm 0,56$ %. ИК-излучение малой мощности вызывало заметный рост содержания деформированных эритроцитов. Так, при 140 Вт/м² оно было в 3,5 раза выше, а при 350 Вт/м² – в 2,1 раза. В остальных случаях (560...1400 Вт/м²) результаты были близки к контрольным.

Таким образом, ИК-излучение оказывало существенное влияние на циркулирующую кровь мышей. Оно сказывалось в основном на форме и объеме эритроцитов. Кислородная емкость крови при этом не претерпевала существенных изменений. Наиболее эффективными оказались инфракрасные лучи малой мощности (140...350 Вт/м²). Остальные (560...1400 Вт/м²) не оказывали заметного действия.

Целью дальнейших исследований является разработка математического и программного обеспечения для расчета энергии-дозы фактора инфракрасного излучения с учетом перехода к дозовому нормированию.

Библиографический список

1. Гвозденко Л.А. Особенности влияния спектра и интенсивности инфракрасного излучения на организм при сварочных работах / Л.А. Гвозденко // Гигиена труда. — 1983. — Вып. 19. — С. 25–29.
2. Золотницкая Р.П. Методы гематологических исследований / Р.П. Золотницкая // Лабораторные методы исследования в клинике: справ. — М., 1987. — С. 106–149.
3. Gromysz-Kalkowska K. Toxicity of tetrachlorwinfos to *Rana temporaria* / K. Gromysz-Kalkowska, E. Szubartowska // Comp. Biochem. Physiol. — 1993. — V. 105. — № 2. — P. 285–290.