

---

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

---

П.К. Хиженков, И.И. Зинкович\*, М.В. Нецветов

## МАГНИТОРЕАКТИВНОСТЬ КРОВИ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

*Донецкий национальный университет,  
ул. Щорса, 46, г. Донецк, 83050, Украина*  
*\*Донецкий государственный медицинский университет,  
пр. Ильича, 16, г. Донецк, 83003, Украина*

Согласно обширным литературным данным, форменные элементы крови наиболее чутко реагируют на внешние электромагнитные воздействия [1-3], что, очевидно, обусловлено их собственными, уникальными для организма, магнитными свойствами [4]. Этот факт имеет особую значимость в связи с перспективностью применения в медицинской практике магнитных полей с различными амплитудно-частотными характеристиками. Однако в большинстве публикаций по клиническим применениям магнитных полей не учитывается их влияние на систему крови. В этой работе показано, как магнитные поля с конкретной специфической активностью воздействуют на функциональные характеристики клеток крови.

В работе [5] было показано, что вращающееся магнитное поле (напряженностью  $H_1 = 15-50$  Э и частотой  $f_1 = 6,5$  Гц) оказывает ярко выраженное воздействие на репродуктивную функцию животных и может оказаться перспективным для использования в соответствующих областях практического здравоохранения и ветеринарии. В сообщении [6] представлены результаты влияния переменного магнитного поля ( $H_2 = 60-80$  Э;  $f_2 = 8$  Гц) на морфологию и медикаментозную резистентность микробактерий туберкулеза. Именно в этих полях, главной мишенью которых в первом случае являлось плодное яйцо и эмбрион [5], а во втором — патогенная микрофлора [6], нами исследовалось изменение функциональной активности клеток крови, которая определялась по осмотической резистентности эритроцитов (ОРЭ) [7]; фагоцитарной активности лейкоцитов (ФАЛ); степени накопления продуктов пероксидного окисления липидов, в частности малонового диальдегида (МДА) [8] — показателю мощности антирадикальной защиты организма; накоплению белка в инкубационной среде [9] — критерию скорости деструкции клеток.

### Методики

Для определения ОРЭ пробу крови трехкратно промывали в изотоническом растворе хлорида натрия с последующим центрифугированием при 1500 об/мин в течение 10 мин. Надосадочную жидкость и верхний слой эритроцитарного осадка отбирали пастеровской пипеткой. Осадок (взвесь эритроцитов) ресуспензировали физиологическим раствором в соотношении 1:1. Полученную суспензию эритроцитов равномерно разделяли на 4 центрифужные пробирки. Две из них помещали в термостат (контроль), остальные термостатировали в магнитное поле (опыт). В одну контрольную и одну опытную пробирки за 30 мин до окончания инкубации вносили по 0,1 мл изадрина. После завершения инкубации 0,02 мл суспензии эритроцитов добавляли в 10 пробирок, содержащих по 1 мл хлорида натрия в убывающей концентрации (от 1 до 0,1 %), и оставляли при комнатной температуре на 1 ч. Затем пробы центрифугировали при 1500 об/мин в течение 7 мин и фотометрировали при зеленом светофильтре против пробирки, содержащей 1% раствор NaCl. За 100% гемолиз (эталон) принимали оптическую плотность в пробирке с 0,1% раствором соли. Степень гемолиза выражали в процентах оптической плотности каждой пробы по отношению к оптической плотности эталона.

Для оценки влияния магнитного поля на ФАЛ пробу гепаринизированной цельной крови инкубировали в магнитное поле (опыт) и вне действия магнитного поля (контроль). Далее к

0,1 мл крови добавляли 0,05 мл 0,15 молярного фосфатно-солевого буфера и 0,05 мл 0,2% раствора нитросинего тетразолия, перемешивали и оставляли на 30 мин в термостате при 37 °С. Затем пробы центрифугировали в течение 10 мин при 1000 об/мин. Из осадков готовили по 2 мазка, которые фиксировали в этиловом спирте и окрашивали по Романовскому—Гимзе. Под микроскопом (масляная иммерсия, 90x10) подсчитывали процент нейтрофилов, содержащих гранулы диформазина.

Оценку влияния магнитного поля на содержание МДА и концентрацию белка проводили аналитическим методом на пробах гепаринизированной цельной крови, инкубированной в поле (опыт) и вне поля (контроль).

Температура и время инкубации в магнитном поле для каждого конкретного эксперимента оговорены в обсуждениях результатов. Средние арифметические величины даны с их среднеквадратичными ошибками.

**1. Кровь крыс** в условиях  $H_I = 15-50$  Э;  $f_I = 6,5$  Гц. Результаты экспериментов показали, что инкубация в течение 4 ч суспензии эритроцитов при 34° С в магнитном поле существенно влияет на свойства мембран этих клеток. Во всех пробах ОРЭ повышается, причем степень изменения показателя неодинакова при разных концентрациях NaCl (табл. 1).

Таблица 1. Влияние магнитного поля на ОРЭ крови крыс

Концентрация раствора, %	Степень гемолиза клеток, %			
	Контроль (N = 15)	Опыт (N = 15)	Изадрин (N = 8)	
			контроль	опыт
0,2	88,6 ± 8,2	88,8 ± 8,2	89,1 ± 6,13	92,1 ± 5,6
0,3	77,8 ± 11,1	70,2 ± 11,4	82,7 ± 4,92	81,4 ± 9,2
0,4	59,6 ± 14,2	45,6 ± 9,4*	70,3 ± 6,6*	60,4 ± 9,7**
0,5	39,1 ± 8,8	24,1 ± 13,6*	40,9 ± 12,6	32,7 ± 9,5**
0,6	17,7 ± 7,7	9,3 ± 6,0*	16,3 ± 7,4	17,8 ± 13,7
0,7	6,9 ± 6,1	3,6 ± 2,6	5,5 ± 3,5	8,1 ± 10,8

\*Различия с контролем статистически значимы.

\*\*Различия с данными, приведенными для "изадрин, контроль", статистически значимы.

Поскольку тестирование по шкале концентраций соли отражает неоднородность популяции эритроцитов по их осмотической устойчивости, можно предположить, что влияние магнитного поля неоднозначно на разные субпопуляции клеток, то есть чувствительность эритроцитов к магнитному полю может зависеть, например, от их возраста, степени износа, повреждений и других факторов.

Выявленное воздействие магнитного поля на осмотическую резистентность суспензии эритроцитов можно объяснить следующими предполагаемыми механизмами. Инкубация эритроцитов в магнитном поле приводит к упорядочению ориентации магниточувствительных компонентов мембран клеток [10], что может обеспечивать повышение механической прочности мембран и их устойчивости к росту внутриклеточного давления из-за усиления тока жидкости внутрь эритроцитов под влиянием трансмембранного градиента концентраций соли. Отмеченные различия чувствительности к магнитному полю разных субпопуляций эритроцитов одного животного соответствуют этому предположению, поскольку качественный и количественный состав мембран клеток является одним из основных структурных компонентов клеточного полиморфизма.

Изменение значений ОРЭ может быть опосредовано и влиянием магнитного поля на функциональную активность мембранных ионных насосов. Работа ферментов-транслоказ направлена на создание трансмембранного градиента концентраций солей, то есть противодействует пассивному току ионов и воды. Можно предположить, что магнитное поле либо повышает функциональную активность этих ферментов, либо защищает их от ишемической дезактивации, развивающейся под влиянием примененных условий инкубации суспензии клеток [11]. Данное предположение также согласуется с различной чувствительностью клеток к воздействию поля: функциональная активность ионных транслоказ зависит от возраста клеток и химического состава их мембран.

Добавление в суспензию эритроцитов β-адреностимулятора изадрина закономерно повышает процент гемолизированных клеток (табл. 1). Механизм данного эффекта общеизвестен и заключается в способности катехоламинов стимулировать пероксидное окисление липидов [12], что приводит к

снижению механической прочности мембран за счет детергентного действия на них как свободных радикалов, так и продуктов липопероксидации. Степень проявления влияния изадрина на ОРЭ неодинакова для различных концентраций тестирующих растворов соли. Обработка изадрином на фоне предварительной инкубации клеток в магнитном поле устраняет индуцируемое катехоламином снижение осмотической стойкости эритроцитов, однако при сопоставлении с данными по ОРЭ, инкубированных в магнитном поле без добавления изадрина (табл. 1), влияние последнего на гемолиз клеток остается статистически значимым. Из полученных результатов можно заключить, что экспозиция эритроцитов в магнитном поле, повышая устойчивость мембран к действию гипотонических солевых растворов, не влияет на реактивность клеток в отношении действия адреномиметиков. Последнее утверждение представляется наиболее интересным. Механизмы адренореактивности биологических структур являются ключевыми звеньями стрессорных реакций [12] и, в конечном итоге, отвечают за эффективность и качество адаптации организма к воздействию возмущающих факторов любой природы [13]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что использованные характеристики магнитного поля влияют на мембраны эритроцитов, но при этом сохраняется способность клеток реагировать на медиаторы стрессорных реакций. Другими словами, биологическая система в магнитном поле сохраняет способность к адаптивным перестройкам, что и обеспечивает возможность выживания организмов в условиях изменяющихся физических параметров окружающей среды.

Для исследования влияния магнитного поля на фагоцитарную активность полиморфно-ядерных лейкоцитов (ФАЛ) пробы крови инкубировали при 37<sup>0</sup>С в течение 4 ч. Учитывая высокую точность и воспроизводимость теста, по ФАЛ можно с высокой степенью достоверности оценить возможность влияния магнитного поля на состояние механизмов неспецифической резистентности организма [14]. Сопоставительный анализ проведен на 8 парах проб крови и во всех случаях инкубация цельной крови в условиях действия магнитного поля приводила к росту показателя ФАЛ по сравнению с контролем в среднем на 15%. Полученные результаты могут свидетельствовать о стимулирующем влиянии магнитного поля на внутриклеточные механизмы фагоцитоза [15]. Нельзя исключить и возможное предупреждение под влиянием переменного магнитного поля гипоксической инактивации лизосомных ферментов и катионных белков лейкоцитов. Последнее предположение согласуется с одним из предложенных выше возможных механизмов повышения в магнитном поле осмотической резистентности эритроцитов — можно предположить наличие "феномена магнитной стабилизации структур". Логично предположить также и возможность модуляции магнитным полем фагоцитарной активности за счет прямого влияния на физико-химическое состояние мембран лейкоцитов, что тем более реально, поскольку доказана связь между показателями ФАЛ и состоянием мембранных рецепторов клеток [16].

Было проведено также сопоставительное исследование распределения клеточных форм периферической крови у новорожденных крыс, находившихся в пренатальном периоде развития (2-я четверть беременности самки) в условиях действия магнитного поля и контрольных, развивавшихся в нормальных условиях.

Как видно из табл. 2, использованное в экспериментах магнитное поле не оказало влияния на абсолютное содержание эритроцитов в периферической крови новорожденных крыс. Не обнаружено различий и в характере распределения эритроцитов по их линейным размерам — важном и объективном показателе степени доношенности новорожденных. Последнее подтверждает неправомочность интерпретации выявленного под влиянием поля увеличения массы тела и внутренних органов в качестве индикатора ускоренного внутриутробного развития крысят. Количественный же состав клеток белой крови в сравниваемых группах заметно различается. В условиях действия поля имеет место выраженный дисбаланс клеток грануло- и агранулоцитарного ряда: у крысят опытной серии значительно преобладает относительное содержание базофилов в полиморфно-ядерных клеткам (и палочкоядерных и зрелых форм). В два раза более высоким является и содержание макрофагов крови — моноцитов. В этой же группе имеет место снижение числа лимфоцитов (клеток иммунной системы) и эозинофилов, которым принадлежит особая роль в аллергических реакциях. Приведенные статистически значимые различия показателей свидетельствуют о возможности прямого влияния поля на кровь не только взрослого организма [10], но и плода при экспозиции самок в магнитном поле в период беременности. Другим возможным объяснением выявленных особенностей относительного содержания белых клеток крови может быть опосредованное влияние на кровь индуцированных полем первичных отклонений в иных органах, тканях и системах организма. Учитывая, что схема эксперимента исключала дополнительное антигенное раздражение животных, показанное распределение форменных элементов крови новорожденных крыс нельзя рассматривать в качестве

реакций систем неспецифической и иммунологической резистентности [14]. Более корректным будет предположить, что показанные особенности формулы крови могут являться отражением различий в состояниях так называемых стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем организмов крысят [22] в контроле и опыте. Для взрослого организма в условиях реализации адаптивных программ к внешним раздражителям перераспределение клеток белой крови является известным и достаточно расшифрованным феноменом. В случае справедливости данного предположения оно может иметь определенное теоретическое и прикладное значение, поскольку позволит разработать перспективные альтернативные подходы к ранней диагностике и коррекции нарушений развития и адаптации в раннем постнатальном периоде. Высказанное предположение нуждается, конечно, в дополнительном экспериментальном подтверждении.

Таблица 2. Показатели клеток периферической крови у новорожденных крыс контрольной ( $n = 7$ ) и опытной ( $n = 7$ ) групп

Форменные элементы	Контрольная группа	Опытная группа	$\Delta$ м, %	$P$
Эритроциты	134,3±12,9	133,0±12,8	+1,0	
Моноциты	0,8±0,2	1,7±0,2	+100,0	<0,05
Базофилы	0,8±0,2	1,1±0,1	+33,4	
Эозинофилы	0,7±0,2	0,5±0,2	-20,0	
Лимфоциты	53,5±1,9	40,7±3,1	-24,0	<0,01
Палочко-ядерные	1,0±0,2	1,4±0,3	+42,8	
Нейтрофилы	43,2±2,3	54,4±3,3	+28,7	<0,01

**2. Кровь человека** в условиях  $H_I=15-50$  Э;  $f_I=6,5$  Гц. Исследование проведено на пробах крови 42 доноров в возрасте 23–37 лет. Здесь и далее за ОРЭ принимали процент гемолиза, который наблюдается при концентрации раствора NaCl 0,45%, наиболее достоверно отражающего изменения ОРЭ в магнитном поле.

Результаты оценки влияния магнитного поля на ОРЭ представлены в табл. 3. Сопоставление статистических характеристик, полученных во всем объеме исследования, показывает отсутствие влияния магнитного поля на изучаемый показатель. Однако анализ первичного массива данных показал, что почти в половине (48%) случаев резистентность эритроцитов в магнитном поле имела тенденцию к повышению, а в остальных случаях — наоборот, к понижению, что и обусловило высокую вариабельность изменения гемолиза. Классификация всех доноров на 2 подгруппы, в зависимости от направленности изменения показателя ОРЭ в условиях действия магнитного поля, позволила статистически охарактеризовать обнаруженные особенности реакции клеток крови на воздействие магнитного поля. В первой группе магнитное поле приводит к статистически достоверному снижению количества гемолизированных клеток, во второй группе, напротив, количество гемолизированных клеток возрастает. Также обращает на себя внимание статистически значимое различие между контрольными показателями ОРЭ в выделенных подгруппах доноров. Причем характер направленности влияния магнитного поля на показатели ОРЭ находится в обратно пропорциональной зависимости от исходных значений ОРЭ: чем выше контрольные показатели, тем выше вероятность стабилизирующего влияния магнитного поля на осмотическую резистентность клеток. И, наоборот, при исходно высокой резистентности инкубация клеток в магнитном поле приводит к росту гемолиза.

Таблица 3. Влияние магнитного поля на ОРЭ крови человека

Доноры	Степень гемолиза клеток, %		Изменение гемолиза, %
	Контроль	Опыт	
Все ( $N = 42$ )	65,9 ± 19,9	65,4 ± 18,1	-0,5
С повышением ОРЭ ( $N = 20$ )	75,6 ± 14,4	61,7 ± 16,9*	-13,9
С понижением ОРЭ ( $N = 22$ )	57,2 ± 20,5**	68,8 ± 18,9	+11,6

\*Различия с контролем статистически значимы.

\*\*Различия между подгруппами статистически значимы.

Результаты исследования влияния магнитного поля на механизмы неспецифической резистентности организма оценивали по тесту фагоцитарной активности полиморфно-ядерных лейкоцитов 10 доноров (табл. 4). Как и при оценке эффекта действия магнитного поля на клетки красной крови, влияние поля на фагоцитарную активность лейкоцитов цельной крови также неоднозначно. В четырех случаях имела место тенденция к угнетению ФАЛ, в остальных пробах крови выявлено статистически достоверное увеличение этого показателя. Однако в отличие от данных по эритроцитам направленность влияния магнитного поля на ФАЛ не связана с исходными, контрольными значениями показателя. Отличия полученных здесь результатов от приведенных в п. 1 при равных экспериментальных условиях свидетельствуют о большом значении индивидуальных различий организмов в их реакциях на внешние воздействия.

Таблица 4. Влияние магнитного поля на ФАЛ крови человека

Доноры	Фагоцитарная активность, %		Изменение ФАЛ, %
	контроль	опыт	
Все (N = 10)	57,8 ± 3,55	58,2 ± 5,57	+0,4
С угнетением ФАЛ (N = 4)	57,3 ± 4,27	54,0 ± 6,06**	-3,2
С активацией ФАЛ (N = 6)	58,2 ± 3,37	62,0 ± 1,79*	+3,8

\*Различия с контролем статистически значимы.

\*\*Различия между подгруппами статистически значимы.

Показанный полиморфизм клеточных популяций (по реакциям эритроцитов и лейкоцитов на воздействие магнитного поля) может иметь прикладное значение в плане прогнозирования адаптивных реакций, характера течения заболеваний и др.

**3. Кровь человека** в условиях  $H_2 = 60-80$  Э;  $f_2 = 8$  Гц. Исследование проведено на пробах крови 22 доноров. Время инкубации в магнитном поле при  $37^\circ\text{C}$  — 1 ч.

Результаты показали, что инкубация суспензии эритроцитов в магнитном поле влияет на свойства мембран этих клеток (табл. 5). В среднем показатель ОРЭ снижается на 4%. Однако в отдельных пробах резистентность в опыте изменяется по-разному: процент гемолиза снижается или повышается. Выявленное разнонаправленное влияние магнитного поля на ОРЭ может, как и в п. 2, с одной стороны, объясняться проявлением индивидуальных особенностей реагирования эритроцитов на магнитное поле. С другой стороны, в поддержании структурно-функциональной целостности эритроцитов в гипотонических средах существенную роль играют поверхностные заряды [17]. При этом рост отрицательного заряда поверхности мембран клеток является фактором, повышающим устойчивость эритроцитов к таким условиям. Увеличение электроположительности поверхности мембран, наоборот, является дестабилизирующим фактором.

Таблица 5. Влияние магнитного поля на функциональную активность изолированных клеток крови человека

Показатели	Контроль	Опыт
Гемолиз, %	51,00 ± 10,52	54,74 ± 10,67
ФАЛ, %	48,80 ± 1,72	44,80 ± 1,06*
МДА, мкмоль/г белка	10,61 ± 0,84	13,33 ± 0,77*
Белок, г/л	176,10 ± 11,50	147,00 ± 9,14*

\*Различия с контролем статистически значимы.

Исследование влияния магнитного поля на ФАЛ показало снижение уровня фагоцитоза в опытной группе на 4% (табл. 5). Известно, что магнитные поля действуют на свободные радикалы, протекающие с участием кислорода реакции и др. [18]. Показанное изменение ФАЛ после инкубации клеток в магнитном поле может быть опосредовано влиянием магнитного поля на их функциональную активность [19]. В нашем случае отмечено снижение функциональной активности нейтрофилов. Данные результаты частично противоречат приведенным выше. Среди возможных причин рассогласования наиболее вероятной следует считать работу с различными магнитными полями и различные времена инкубации проб крови в магнитном поле.

Угнетение фагоцитарной активности может быть одной из причин обнаруженного статистически достоверного снижения выхода белка в инкубационную среду (табл. 5). Известно, что процессы и механизмы, обеспечивающие фагоцитоз клеток, отвечают также за деструкцию белковых структур, а следовательно, и за выход протеинов из клеток [16].

Определение концентрации малонового диальдегида после инкубации крови в течение 1 ч в магнитном поле выявило увеличение этого показателя по сравнению с контрольной группой (табл. 4). Липидная пероксидация является очень чувствительной реакцией организма практически на любые воздействия внешней и внутренней среды [20, 21], а всеобщность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) позволяет отнести его к неспецифическим реакциям, участвующим в адаптации и поддержании гомеостаза организма. Многие факты свидетельствуют о весьма значительной роли ПОЛ в поддержании организма на стационарном уровне и участии его в универсальных реакциях [22]. Увеличение концентрации продукта ПОЛ после воздействия магнитного поля в нашем случае может быть оценено двояко: с одной стороны, оно может свидетельствовать о снижении защитных сил организма [23], с другой — отражать мобилизацию иммунных процессов [24].

Полученные статистически значимые результаты свидетельствуют о явном влиянии использованных в экспериментах переменных магнитных полей на физико-химическое состояние и функциональную активность клеток крови животных и человека. Вместе с тем интерпретация полученных данных и расшифровка механизмов влияния магнитного поля на организмы с учетом индивидуальных особенностей требует проведения дальнейших исследований в этой области. Перспективность таких исследований не вызывает сомнений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. Л., 1974.
2. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев, 1992.
3. Холодов Ю.И., Лебедева Н.Н. Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля. М., 1992.
4. Плявинь Ю.А., Блум Э.Я. Магнитные свойства и пара- и диамагнитный форец клеток крови при высокоградиентной магнитной сепарации // Магнитная гидродинамика. 1983. № 4. С. 3–14.
5. Хиженков П.К., Билобров В.М., Зинкович И.И., Зяблицев С.В. Жизнедеятельность организмов в инфранизкочастотных магнитных полях. 3. Эмбриогенез млекопитающих // Магнитная гидродинамика. 1994. Т. 30, № 2. С. 209–214.
6. Хиженков П.К., Норейко Б.В., Лепшина С.М., Гуренко Е.Г., Деллалов В.С., Билобров В.М. Жизнедеятельность организмов в инфранизкочастотных магнитных полях. 4. Микобактерии туберкулеза // Магнитная гидродинамика. 1995. Т. 31. № 1-2. С. 93–96.
7. Тодоров И. Клинические лабораторные исследования в педиатрии. София, 1966.
8. Knight J. A., Pieper R K., McClellan J. Specificity of the Thiobarbituric Acid Reaction its Use in Studies of Lipid Peroxidation // Clin. Chem. 1988. Vol. 34. No. 12. P. 2433–2438.
9. Lowry O., Reserwrough K. J., Fars A. A. Protein Measurement with the Pholin Phenol Reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. No. 1. P. 265–275.
10. Кизилова Н.Н. О влиянии радиального движения эритроцитов на их оседание в трубке во внешнем магнитном поле // Изв. АН СССР. Механика жидкостей и газов. 1991. № 5. С. 120–129.
11. Меерсон Ф.З. Феномен адаптационной стабилизации структур и защита сердца // Кардиология. 1990. Т. 30. № 3. С. 6–12.
12. Науменко Е.В. Вигаши М., Поленов А.Л. Онтогенетические и генетико-эволюционные аспекты нейроэндокринной регуляции стресса. Новосибирск, 1990.
13. Сауля А.И., Меерсон Ф.З. Постстрессорные нарушения функции миокарда. Кишинев, 1990.
14. Пигаревский В.Е. Клинико-морфологические тесты оценки функционального состояния нейтрофильных гранулоцитов // Архив патологии. 1987. Вып. 2. С. 77–84.
15. Маянский А.Н. Пазюк Е.А., Макарова Г., Паршакова Р.А., Пикуза О.И. Механизм и диагностические возможности реакции восстановления НСТ нейтрофилами человека // Казанский мед. журн. 1981. Т. 62. № 4. С. 64–68.
16. Маянский А.Н., Макарова Г. Влияние гидрокортизона на функциональную активность нейтрофилов // Бюл. эксперим. биол. и мед. 1989. Т. 58. № 12. С. 730–732.
17. Петренко Ю.М., Владимиров Ю.А. Роль поверхностных зарядов в поддержании осмотической резистентности эритроцитов // Гематология и трансфузиология. 1987. № 10. С. 15–19.

18. *Исаев Ю.А.* Лечение микроэлементами, металлами и минералами. Киев, 1992.
19. *Мирихулава М.Б., Цибадзе А.Д., Барнабишвили Н.О., Цибадзе Д.А., Иванидзе Э.А.* Действие переменного магнитного поля на противовирусную защиту клеток // *Вопр. курортол., физиотерапии и леч. физ-ры.* 1991. № 5. С. 3–5.
20. *Аратанян Э.А.* Влияние адреналина на перекисное окисление липидов у интактных крыс // *Журн. эксперим. и клин. мед.* 1981. Т. 21. № 5. С. 482–487.
21. *Владимиров Ю.А.* Свободнорадикальное окисление липидов и физические свойства липидного слоя биологических мембран // *Биофизика.* 1987. Т. 32. Вып. 5. С. 830–844.
22. *Меерсон Ф.З., Пиенникова М.Г.* Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М., 1988.
23. *Барабой В. А.* Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // *Успехи совр. биол.* 1991. Т. 111. № 6. С. 923–931.
24. *Зінкович І.І., Якубенко О.Д., Турсунова Ю.Д., Зяблицев С.В.* Вміст циклічних нуклеотидів у плазмі крові кроликів при введенні ізадрину // *Физиол. журн.* 1992. Т. 38. № 1. С. 111–114.

*Поступила 14.06.2000*

### **Summary**

The paper shows the experimental results of alternating magnetic fields  $H$  effects with various amplitude, form and frequency on osmotic resistance of erythrocytes (ORE), phagocytic activity of leucocytes (PAL), malonic dialdehyde accumulation (MDA) and albumine exit to the incubative medium. The comparative research of distribution cells forms periferal blood at newborn rats, taking place in the embrional period of development in conditions of action of a magnetic field and control is carried out. The specificity and intraspecific variability of the ORE and PAL characteristics were shown. Under the  $H$  effect the albumine exit was noted to decrease, while the MDA level increas.

---

М.И. Бажал

## **О ВЛИЯНИИ ПЕРИОДА ПОВТОРЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОПЛАЗМОЛИЗА РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ**

*Украинский государственный университет пищевых технологий,  
ул. Владимирская, 68, Киев-33, 01033, Украина  
Département de Génie Chimique, DTAI, Université de Technologie de Compiègne,  
B.P. 529-60205 Compiègne Cedex, France*

Как известно, основным внешним проявлением электроплазмолиза является увеличение проницаемости биологических тканей в результате нарушения целостности плазматических клеточных мембран во внешних электрических полях [6]. Анализ библиографических данных показывает увеличение во всем мире интереса к использованию электроплазмолиза в пищевых производствах для повышения ряда технологических показателей, стерилизации продуктов [1, 2], интенсификации процессов извлечения полезных компонентов из растительных тканей (сахара, красителей, пектина и т.п.) [3], интенсификации сушки растительного сырья [4, 5], усовершенствования методов снятия шкурки с плодов и овощей [6], повышения эффективности сокового производства [6, 7] и др.

---

© Бажал М.И., Электронная обработка материалов, 2001, № 1, С. 56–63.