

количеству подвижных форм микроэлементов. Почвы хозяйств по содержанию тяжелых металлов и водорастворимого фтора пригодны для получения экологически чистой продукции растениеводства и животноводства.

6. Экологическое состояние территорий и объектов ГУСХП «Горный» оценивается как хорошее, ОАО «Белоярское» и СХПК «Ачинский племзавод» как удовлетворительное. Установлено значительно лучшее экологическое состояние социально-бытовых объектов по сравнению с производственными во всех хозяйствах.

7. Специальное финансирование, целенаправленная экологическая работа и проведение мероприятий по охране окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов осуществлялось очень слабо. Из всех производственных показателей к природоохранным относились мероприятия, направленные на рациональное использование и охрану почв от эрозии, природных вод и воздуха от загрязнения. В хозяйствах не проводилась оценка финансирования и капитальных вложений в природоохранную работу из-за сложных экономических условий.

### Литература

1. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.А. Чекереса, А.В. Голубева. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 366 с.
3. Тышкевич Г.Л. Экология и агрономия. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 250с.
4. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. – М.: Центр «Академия», 2002. – 408 с.



УДК 613.168:613.6-02:616.419-092.9

А.В. Азанова, Е.Ю. Сергеева, Ю.А. Фефелова,  
Г.М. Климина, Н.В. Сергеев, Н.В. Цугленок

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА, ИЗМЕНЯЮЩЕГО АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

*В статье представлены результаты изучения действия магнитных полей на человека.*

*Исследованием установлено, что действие магнитного поля с частотой 66 кГц вызывает достоверное снижение активности каталазы и супероксиддисмутазы в крови людей.*

**Ключевые слова:** человек, кровь, ферменты, магнитное поле, каталаза, супероксиддисмутаза.

A.V. Azanova, E.Yu. Sergeeva, Yu.A. Fefelova,  
G.M. Klimina, N.V. Sergeev, N.V. Tsuglenok

#### RESEARCH OF THE MAGNETIC FIELD ACTION OF INDUSTRIAL FREQUENCY AS THE ECOLOGICAL FACTOR WHICH CHANGES ENZYME ACTIVITY IN THE HUMAN ANTIOXIDANT SYSTEM

*The results of studying the magnetic field influence on a human being are given in the article. It has been determined by the research that action of the magnetic field with frequency of 66 kHz causes significant decrease of catalase and superoxide scavenger activity in human blood.*

**Key words:** human being, blood, enzymes, magnetic field, catalase, superoxide scavenger.

---

Постоянно увеличивается число источников электромагнитного излучения, воздействующего на организм человека, как в быту, так и на производстве. Магнитные поля промышленных частот обладают выраженными биологическими эффектами, но механизмы этих влияний еще окончательно не изучены. Разрозненность и противоречивость многочисленных данных о биологическом действии магнитных полей не только не проясняют, но и делают более сложной объективную оценку их влияния на живые организмы [3].

**Целью** данного исследования является изучение действия магнитных полей с частотой 66 кГц на активность ферментов антиоксидантной системы каталазы и супероксиддисмутазы в крови людей *in vitro*.

**Задачи исследования:**

1. Определить изменение активности каталазы при воздействии магнитного поля в течение 15, 30, 60 мин.

2. Определить изменение активности супероксиддисмутазы при воздействии магнитного поля в течение 15, 30, 60 мин.

**Методы исследования.** В работе использовалась кровь добровольцев, взятая непосредственно перед экспериментом, стабилизированная гепарином. Активность СОД определяли по степени ингибирования реакции автоокисления адреналина в щелочной среде в присутствии фермента [2]. Об интенсивности автоокисления адреналина судили по динамическому нарастанию поглощения при длине волны 347 нм, обусловленному накоплением продукта окисления, опережающим по времени образование адrenoхрома с максимумом поглощения при 480 нм.

Метод определения активности каталазы основан на образовании окрашенного в желтый цвет комплекса неразрушенного в ходе каталазной реакции пероксида водорода с молибдатом аммония, интенсивность окраски которого регистрировалась на ФЭКе при длине волны 400 нм [1].

В качестве источника промышленных магнитных полей использована установка высокочастотная для индукционного нагрева на базе генератора высокочастотного транзисторного ВГТ5-25/66 со следующими характеристиками: частота колебаний магнитного поля 66 кГц, напряженность магнитного поля в непосредственной близости к установке 500 А/м. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета программ Statistica 6.

**Результаты исследования.** При действии магнитного поля с данными параметрами выявлено достоверное снижение активности супероксиддисмутазы (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение активности СОД в крови людей при действии магнитных полей с частотой 66 кГц, Ме (25–75 %)**

Время воздействия, мин	Контроль (у.е./гНв) (n=30)	Магнитные поля (n=30)
0	8,34[8,32÷8,34]	8,33[6,55÷8,34]
15	8,02[7,32÷8,02]	7,11[5,37÷7,14]
30	7,87[7,85÷7,87]	4,90[4,51÷5,21]**
60	7,11[7,11÷7,12]	3,26[3,26÷3,77]**

Примечание: достоверность отличий от контроля здесь и далее \*\*  $P < 0,01$ ; n – объем выборки.

При этом воздействие магнитных полей в течение 30 мин приводило к снижению активности СОД в 1,6 раза. Воздействие же магнитных полей в течение 60 мин приводило к снижению активности СОД в 2,2 раза.

Действие магнитного поля с данными параметрами приводило к достоверному снижению активности каталазы (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение каталазы в крови людей при действии магнитных полей с частотой 66 кГц, Ме (25–75%)**

Время воздействия, мин	Контроль (мкмоль*10 <sup>4</sup> мин*г.Нв) (n=30)	Магнитные поля (n=30)
0	0,18[0,16÷0,23]	0,18[0,16÷0,23]
15	0,11[0,10÷0,12]	0,07[0,04÷0,07]
30	0,09[0,06÷0,09]	0,03[0,01÷0,03]**
60	0,07[0,05÷0,07]	0,01[0,01÷0,02]**

При этом воздействие магнитных полей в течение 30 мин приводило к снижению активности каталазы в 3 раза. Воздействие же магнитных полей в течение 60 мин приводило к снижению активности каталазы в 7 раз.

Супероксиддисмутаза считается одним из основных ферментов антиоксидантной системы. Она катализирует реакцию дисмутации супероксиданиона с образованием пероксида водорода. Предполагается, что цистеиновые остатки СОД образуют промежуточный редокс-центр на пути к анион-радикалу кислорода на периферии белка. Такой промежуточный центр в виде S-S-мостика сокращает время передачи электрона, а также служит объектом воздействия модуляторов фермента. СОД, как и каталаза, относится к группе суицидных ферментов, теряющих свою активность в результате функционирования. Каталаза – тетрамер с

идентичными субъединицами, каждая из которых содержит в качестве простетической группы гем. Удаление пероксида водорода происходит через так называемую «быструю петлю» (*fastloop*), включающую каталитическую активность каталазы и «медленную» петлю (*slowloop*), включающую пероксидазную активность каталазы. Пероксид водорода удаляется не только каталазой, но и глутатионпероксидазой. Но каталаза считается более эффективной, так как она более чувствительна к пероксиду. Снижение активности этих ферментов при действии магнитного поля используемой частоты может быть связано с целым рядом эффектов.

Изучение организма на квантовом уровне показывает, что химические реакции, протекающие в условиях *in vivo*, имеют много общего с «пробирочными» реакциями, а механизмы действия магнитных полей на живой организм основаны на адекватном изменении энергии химических связей в биологических процессах. Результатом химических реакций, как правило, является превращение молекул одних веществ в другие за счет перестройки электронных оболочек ядер. Физические механизмы влияния магнитных полей связаны с вероятностью протекания элементарных химических актов, когда в результате химических превращений, вследствие распаривания электронов, появляются свободнорадикальные продукты реакции с некомпенсированными спинами, которые могут в дальнейшем привести к значительным конформационным перестройкам молекул. Переход между различными спиновыми состояниями пары возможен в случае воздействия внешним магнитным полем, тем самым изменяется вероятность течения химических реакций и, как следствие, имеет место проявление тех или иных магнитобиологических эффектов. Кроме того, в последние годы свободные радикалы стали рассматриваться и в качестве своеобразных «вторичных посредников», формирующихся в ответ на действие эндо- и экзогенных факторов физической, химической и биологической природы и регулирующих функционирование клеток. Такими «вторичными токсическими посредниками» некоторые авторы предлагают считать продукты окисления белков, что подтверждается обнаружением в их составе длительно сохраняющихся пероксидных групп и связанных с полипептидом восстанавливающих остатков (потенциальных прооксидантов за счет способности восстанавливать металлы с переходной валентностью) [4].

Результатом снижения активности ферментов антиоксидантной системы является повышение уровня активных форм кислорода и реализация их патогенных эффектов. Основными направлениями повреждающего действия АКР является целый ряд процессов. Прежде всего, происходит переокисление липидов плазматической и внутриклеточной мембран, приводящее к освобождению медиаторов воспаления и токсинов (например, малонового альдегида, эпоксидов, эндопероксидов). Под влиянием свободных радикалов происходит сшивка мембранных, внеклеточных и внутриклеточных липидов через сульфгидрильные группы с инактивацией ферментов и рецепторов и образованием сульфидрадикалов, дисульфидов и сульфоновых кислот. Процесс ведет к формированию белковых агрегатов. Кроме вышеназванного, под влиянием свободных радикалов происходит повреждение ДНК, остановка ее репликации и мутагенез, что может вызвать тератогенный или канцерогенный, а также цитостатический эффект. Считается, что АКР – универсальные участники любых видов клеточной гибели, по крайней мере, на ее конечных этапах, когда происходит деструкция внутриклеточных мембран и освобождение АКР из компартментов клетки.

Таким образом, мы можем предположить, что воздействие магнитного поля с частотой 66 кГц приводит к конформационным изменениям молекул ферментов антиоксидантной системы – каталазы и супероксиддисмутазы, что и является причиной снижения их активности. Учитывая широкий спектр патологических последствий для организма человека, к которым приводит снижение активности ферментов антиоксидантной системы, поиск эффективных методов предотвращения выявленного действия магнитных полей промышленных частот является важной задачей биологии и медицины.

### Литература

1. *Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г.* Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. – 1988. – №1. – С. 16–19.
2. *Сирота Т.В.* Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использование его для измерения активности супероксиддисмутазы // Вопросы медицинской химии. – 1999. – № 3. – С. 36–42.
3. Системы комплексной электромагнитотерапии / *А.М. Беркутов* [и др.]. – М.: Бином, 2000. – 186 с.
4. Influence of static magnetic fields on pain perception and sympathetic nerve activity in humans / *T. Nathan Kuipers* [and al]. – 2007. – N 102. – P. 1410–1415.

