

УДК 577.3, 535.33

## АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ И КАТАЛАЗЫ В ЭРИТРОЦИТАХ И НЕКОТОРЫХ ТКАНЯХ МЫШЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРАЦИИ

Доценко О.И., Доценко В.А., Мищенко А.М.

Донецкий национальный университет, Донецк, Украина,  
e-mail: dots\_don@ukr.net

Поступила в редакцию 09.02.2010

Исследовано влияние низкочастотной вибрации в интервале частот  $8 \div 32$  Гц интенсивностью  $78 \div 97$  Дб на функционирование системы СОД– каталаза эритроцитов и некоторых тканей мышей. Показано, что при низкочастотной вибрации для ферментов СОД – каталаза эритроцитов характерно явление перекрёстной регуляции активности, что находит отражение в отрицательной корреляции между активностями ферментов. Показано, что вибрация с частотой 16 Гц инициирует нарушение процессов поступления и утилизации кислорода в тканях и органах и возникновение тканевой гипоксии.

**Ключевые слова:** низкочастотная вибрация, супероксиддисмутаза, каталаза

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных опасных факторов, имеющих место на промышленных предприятиях, является вибрация, относящаяся к факторам высокой биологической активности. По статическим данным 1/3 выявленных профессиональных заболеваний связаны с воздействием вибрации и шума. Наиболее высокая заболеваемость вибрационной болезнью регистрируется на предприятиях тяжелого, энергетического, транспортного машиностроения, угольной промышленности, цветной металлургии и водном транспорте. Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Установлено [1, 2], что 52% всех горняков угольной промышленности Украины работают в условиях вредного действия низкочастотной общей вибрации (1-16 Гц). Низкочастотная локальная вибрация 8-16 Гц характерна для рабочих мест забойщиков, занятых выемкой угля отбойными молотками (59%).

Вибрация относится к физическим факторам, приводящим к возникновению стресса [3]. Оказывая стрессорное воздействие, вибрация стимулирует гипоталамо-адреналовую систему, обеспечивая необходимый уровень биологически активных аминов, изменяет активность окислительно-восстановительных процессов [4–6], играющих важную роль в обеспечении неспецифической резистентности организма. Одним из ранних признаков воздействия вибрации являются расстройства микроциркуляции и трансапикалярного обмена, сопровождающиеся нарушением процессов поступления и утилизации кислорода в тканях и органах, возникновение тканевой гипоксии [7, 8].

Для раскрытия патогенетических механизмов формирования повреждений на тканевом и клеточном уровне существенный интерес представляет изучение роли системы крови в обеспечении компенсаторно-приспособительных реакций. Эритроциты, тесно контактируя со всеми тканями и вступая с ними в морфо-функциональные взаимоотношения, собственной качественной и количественной перестройкой отражают происходящие в организме физиологические и патологические изменения. Полифункциональная роль эритроцитов в механизмах адаптации и компенсации в условиях гипоксии, газотранспортных процессах и осуществлении других жизненно важных функций объясняет высокую информативность результатов изучения функциональных изменений в этих клетках. Недостаточно исследованным аспектом гипоксии является энзимная регуляция процессов образования и разрушения в эритроцитах перекиси водорода. Принимая во внимание данные о непосредственном участии активных форм кислорода (АФК) ( $O_2^-$ ,  $H_2O_2$ ) и ферментов антиоксидантной защиты супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы в процессах окисления гемоглобина [9], представляет интерес изучить характер изменений активностей этих ферментов, направленных на повышение функциональной активности эритроцитов, необходимой для адекватного транспорта кислорода при низкочастотной вибрации.

В связи с вышесказанным цель работы состояла в изучении влияния низкочастотной вибрации с частотами 8, 16, 24 и 32 Гц на функционирование ферментов антиоксидантной защиты эритроцитов – СОД и каталазы эритроцитов и некоторых тканей мышей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты были проведены на беспородных мышах – самцах приблизительно одного возраста и массы, содержащихся в условиях вивария на обычном рационе. Животные были разделены на 5 групп. Животные 1–4 групп подвергались ежедневной тридцатиминутной вибрации с частотами 8, 16, 24 и 32 Гц, амплитудой  $0,8 \pm 0,12$  мм соответственно в течение 14-ти дней. Вибрацию животных осуществляли с помощью электромеханического преобразователя, подключенного к генератору сигналов низких частот. В качестве генератора сигналов использовалась звуковая карта компьютера. Гармонический сигнал формировался с помощью программы NCH Tone Generator, позволяющей задавать необходимые параметры вибрации – частоту, амплитуду и форму сигнала, после чего сигнал подавался на усилитель, затем на электромеханический преобразователь. Пятая группа животных не подвергалась вибрации и использовалась в качестве контроля.

Активность ферментов антиоксидантной системы эритроцитов исследовали ежедневно, с 1-го по 5-й, а затем в 7-й, 9-й и 14-й дни эксперимента. Кровь для анализа брали через 15 – 20 мин после окончания вибрации из хвостовых вен.

После установленного времени воздействия вибрации животные были декапитированы с соблюдением требований Международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным [10] для экстирпации органов.

Активность ферментов антиоксидантной системы (АОС) определяли в гемолизатах эритроцитов и гомогенатах тканей (цитозольной фракции). В качестве лизирующего агента использовали 0,01 % раствор сапонина в 0,01 М Na-K-фосфатном буфере (рН 7,4). Гомогенаты тканей готовили на 0,05 М Трис - буфере с рН 7,4. Исследованию подвергали ткани печени, почек, сердца, легких, селезенки и головного мозга.

Активность каталазы (КАТ) (КФ 1.11.1.6) определяли по скорости утилизации перекиси водорода ( $H_2O_2$ ). Количество неразложившейся  $H_2O_2$  определяли с помощью FOX-реактива [18]. За каталазную активность эритроцитов принимали количество мкмоль субстрата ( $H_2O_2$ ), преобразуемого ферментом в единицу времени (мин), рассчитанное на мг гемоглобина (Hb) в пробе, т.е. в мкмоль/(мин·мг Hb). Каталазную активность тканей выражали в мкмоль/(мин·мг белка).

Определение активности супероксиддисмутазы (СОД) (КФ 1.15.1.1.) проводили методом, предложенным В.А. Костюком [19], в нашей модификации. Метод основан на способности СОД тормозить реакцию автоокисления кверцетина при рН 10 в присутствии тетраметилэтилендиамина (ТЭМЕДА). Измерение активности СОД проводили спектрофотометрически при длине волны 406 нм путем

записи кинетической кривой, отражающей реакцию ингибирования окисления кверцетина. Активность СОД выражали в мкмоль/мин·мг Hb (белка тканей), как предложено в [20]. В этом случае активности отражают истинную природу взаимосвязи между активностями ферментов АОС.

Содержание гемоглобина в эритроцитах определяли гемиглобинцианидным унифицированным методом с использованием стандартных наборов. Содержание белка в гомогенатах тканей определяли по методу Лоури.

При построении зависимостей, приводимых ниже, использовались усредненные данные. Статистический анализ полученных результатов проводили в программе Statistica. Достоверность различий между среднегрупповыми показателями оценивали с помощью непараметрического рангового критерия Уилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В группе мышей, неподвергавшихся вибрации (контроль), не было зарегистрировано достоверных изменений активностей СОД, каталазы и ГП эритроцитов в течение двух недель эксперимента. Средние значения изучаемых ферментов в этой группе животных составили: СОД –  $0,25 \pm 0,019$  мкмоль/мин/мг Hb, каталазы –  $0,2 \pm 0,05$  мкмоль/мин/мг Hb.

Изменение активностей каталазы и СОД эритроцитов в зависимости от параметров вибрации в динамике эксперимента показано на рис. 1, А–Г. Видно, что изменение активностей СОД и каталазы имеет колебательный характер. Рост каталазной активности во всех случаях происходит на фоне достоверного снижения активности СОД относительно контрольной группы. Для многих ферментов, в том числе и для супероксиддисмутазы и каталазы, характерно явление перекрёстной регуляции активности [14]. Для каталазы супероксидный анион-радикал является отрицательным эффектором, а  $H_2O_2$  положительным, для СОД - наоборот. Такое разнонаправленное изменение активностей этих двух ферментов согласно литературным данным характерно для гипоксии [9]. Статистический анализ полученных экспериментальных данных показал наличие достоверной отрицательной корреляции между активностями СОД и каталазы эритроцитов мышей всех изучаемых групп. Для мышей же контрольной группы зафиксирована высокая (+0,86) положительная корреляция между активностями этих ферментов.

Существует мнение о том, что восстановление пероксида водорода может служить дополнительным источником молекулярного кислорода [9, 15]. Каталаза, выполняя антиоксидантную функцию, компенсаторно повышает коэффициент полезного использования экзогенного кислорода в энергетических целях вследствие частичного возвращения в

метаболические цепи окислительного фосфорилирования того молекулярного кислорода, который восстанавливается в организме по одноэлектронному пути.

Для мышей, подвергавшихся вибрации с частотами 8, 24 и 32 Гц, максимум активности СОД приходился на 3–4-й дни эксперимента (активность фермента в 1,2–1,4 раза превышала этот же показатель в контрольной в группе). Характер изменения активности СОД для мышей, подвергавшихся вибрации с частотой 16 Гц, указывает на то, что именно в этом случае реакция организма на действие стресс – фактора была наиболее интенсивной. Максимум активности СОД приходился на 5-й день эксперимента и, активность фермента в 1,8–2 раза превышала контрольный уровень. На 7-й день активность СОД в 1,4 раза превышала контроль, однако с 9-го по 14-й дни активность фермента значительно снизилась и была ниже контроля в среднем на 50%. На фоне снижения активности СОД, с 7-го по 14-й дни эксперимента, в этой группе мышей происходит значительный рост каталазной активности эритроцитов (в 2–2,5 раза). Показатели каталазной активности эритроцитов для данного временного промежутка в этой группе также значительно выше, чем в остальных группах мышей (рис. 1, А – Г).

Таким образом, высокий уровень каталазной активности с 7-го по 11-й дни эксперимента во всех экспериментальных группах и тенденцию к снижению активности каталазы, наметившуюся в последний день эксперимента, можно рассматривать как положительный эффект, направленный на адаптацию организма мышей к действию низкочастотной вибрации и снижение гипоксии. Согласно современным представлениям, тезис о важнейшей защитной роли супероксиддисмутазы не столь очевиден, так как токсичность её субстрата – супероксидного анион-радикала не очень высока. Гораздо более опасен образующийся в результате супероксиддисмутазной реакции пероксид водорода, под действием которого может наблюдаться инактивация каталазы и глутатионпероксидазы [16]. Кроме того, пероксид водорода даёт начало чрезвычайно агрессивному гидроксильному радикалу, поэтому при дефиците глутатионпероксидазы и каталазы высокая активность СОД служит дополнительным повреждающим фактором.

Представленный путь переноса энергии в эритроците можно рассматривать как отражение генетически детерминированной постагрессивной реакции, направленной на защиту клетки и гемоглобина от окислительной деструкции, преодоление последствий стресса и компенсацию гипоксии.

Изменение активностей ферментов в тканях сердца, мозга, печени, почек, легких и селезенки показано на рис. 2 – 4.

Активность СОД тканей сердца и мозга (рис. 2, А, В) снизилась после 14-дневного воздействия вибрацией с частотами 8, 24 и 32 Гц. Воздействие с частотой 16 Гц привело к незначительному снижению активности СОД в этих тканях. Изменение активности КАТ тканей сердца и мозга имело противоположный характер (рис. 2, Б, Г). В целом, отмечалась тенденция повышения каталазной активности под действием низкочастотной вибрации. Таким образом, вибрация с частотами 8, 24 и 32 Гц привела к достоверному снижению соотношения СОД/КАТ в тканях сердца. Соотношение СОД/КАТ в тканях мозга достоверно снизилось на всех исследуемых частотах. Достоверного изменения соотношения СОД/КАТ тканей сердца, после воздействия вибрации с частотой 16 Гц зафиксировано не было.

Вибрация с частотами 8, 16 и 24 Гц вызывала достоверное снижение активности СОД и каталазы в тканях печени и почек (рис. 3). Вибрация с частотой 32 Гц привела к увеличению активности каталазы печени в 1,5 раза (рис. 3, Б), в то время как достоверных изменений этого фермента в тканях почек выявлено не было. Таким образом, соотношения активностей СОД/КАТ снизилось и стало ниже единицы в группе мышей, подвергавшихся вибрации с частотами 8, 24 и 32 Гц. Соотношение СОД/КАТ печени и почек мышей, подвергавшихся вибрации с частотой 16 Гц, значительно повысилось, за счет снижения (на 45–50%) каталазной активности этих органов.

Снижение активности СОД селезенки и легких зафиксировано только при вибрации с частотами 8 и 24 Гц (рис. 4, А, В). Влияние низкочастотной вибрации с частотой 16 Гц вызывало падение каталазной активности в тканях селезенки. На других частотах эффект вибрации отсутствовал (рис. 4, Б.).

В тканях легких наблюдалось снижение каталазной активности после вибрационного воздействия с частотами 16 и 24 Гц (рис. 4, Г.). Указанное изменение ферментов привело к увеличению соотношения СОД/КАТ в тканях селезенки и легких при вибрации с частотой 16 Гц и к снижению – на остальных частотах.

Таким образом, рост соотношения СОД/КАТ выше уровня контроля наблюдается при вибрации с частотой 16 Гц в тканях печени, почек, селезенки и легких. Этот факт обусловлен падением активности каталазы. Учитывая роль каталазы в процессах оксигенации [9], можно утверждать, что ткани этих органов находятся в состоянии гипоксии. В тканях будет накапливаться  $H_2O_2$ , который может стать источником  $OH\cdot$  радикала (участие в реакции Фентона), появления гидроперекисей липидов и окислительной модификации белков.

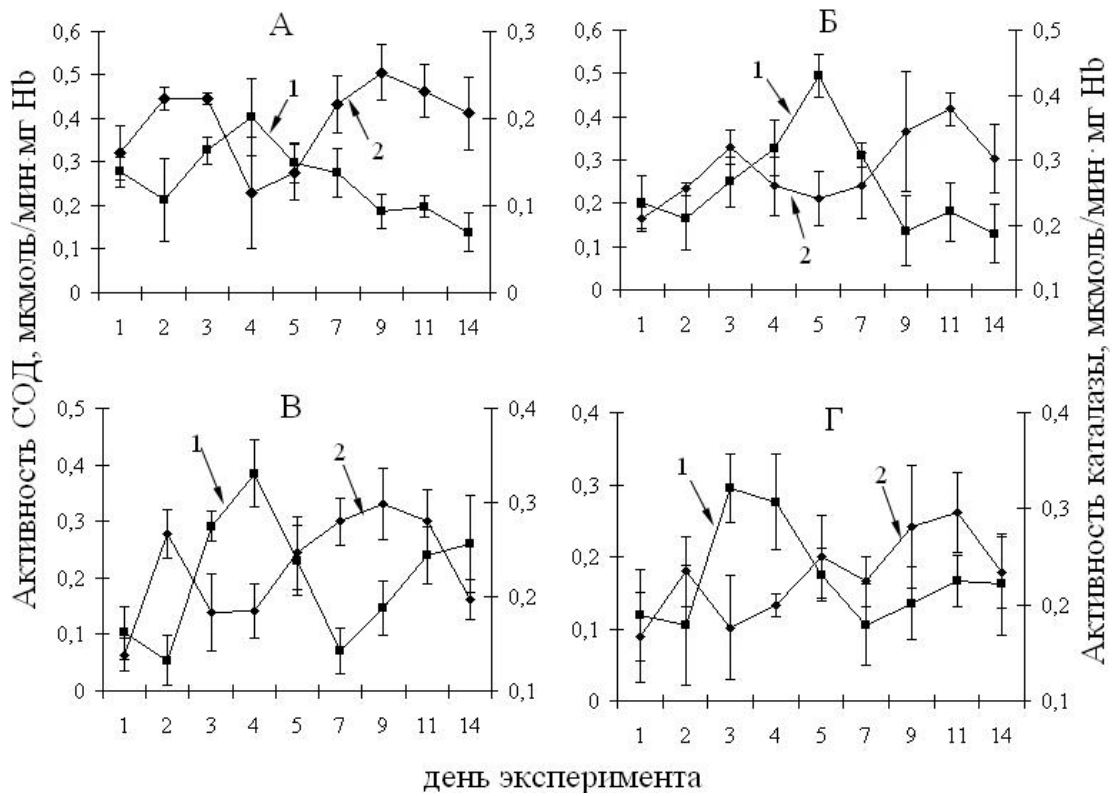


Рис. 1. Изменение активностей СОД (1), каталазы (2) в процессе эксперимента в эритроцитах. Параметры вибрации: А – 8 Гц, Б – 16 Гц, В – 24 Гц, Г – 32 Гц.

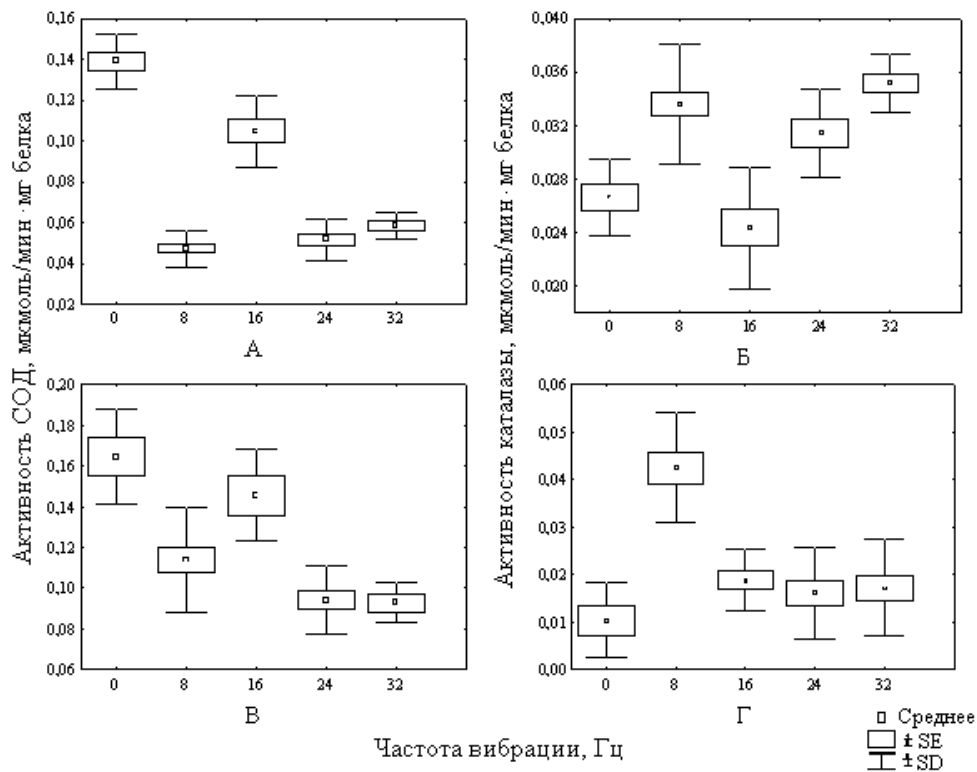


Рис. 2. Изменение активностей СОД (А, В) и каталазы (Б, Г) в тканях сердца (А, Б) и головного мозга (В, Г) в зависимости от частоты вибрации. Обозначения: 0 – контроль, ±SE – ошибка среднего, ±SD – среднее квадратичное отклонение.

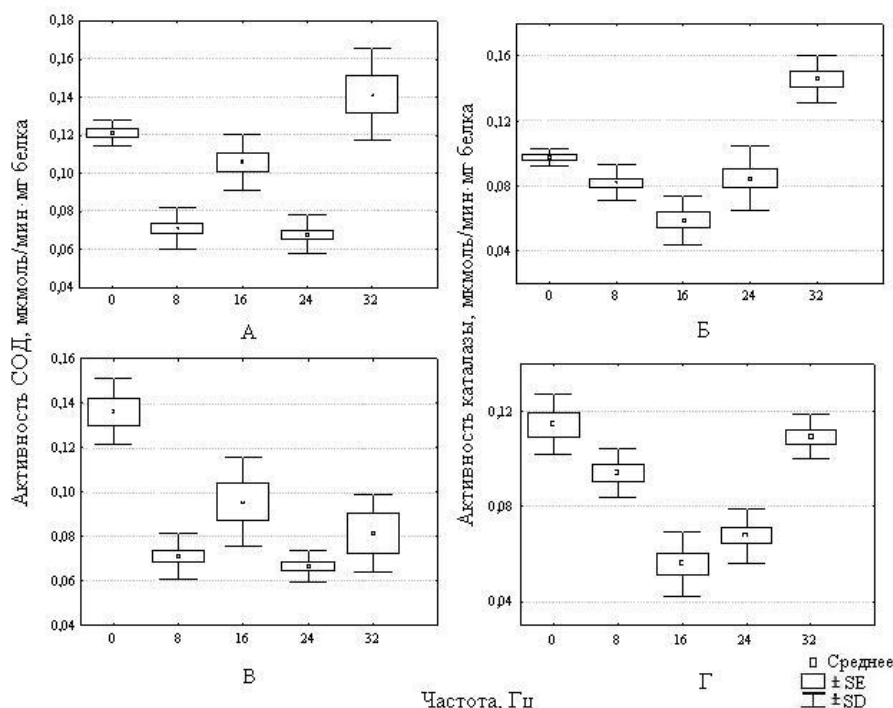


Рис. 3. Изменение активностей СОД (А, В) и каталазы (Б, Г) в тканях печени (А, Б) и почек (В, Г) в зависимости от частоты вибрации. Обозначения: 0 – контроль,  $\pm SE$  – ошибка среднего,  $\pm SD$  – среднеквадратичное отклонение.

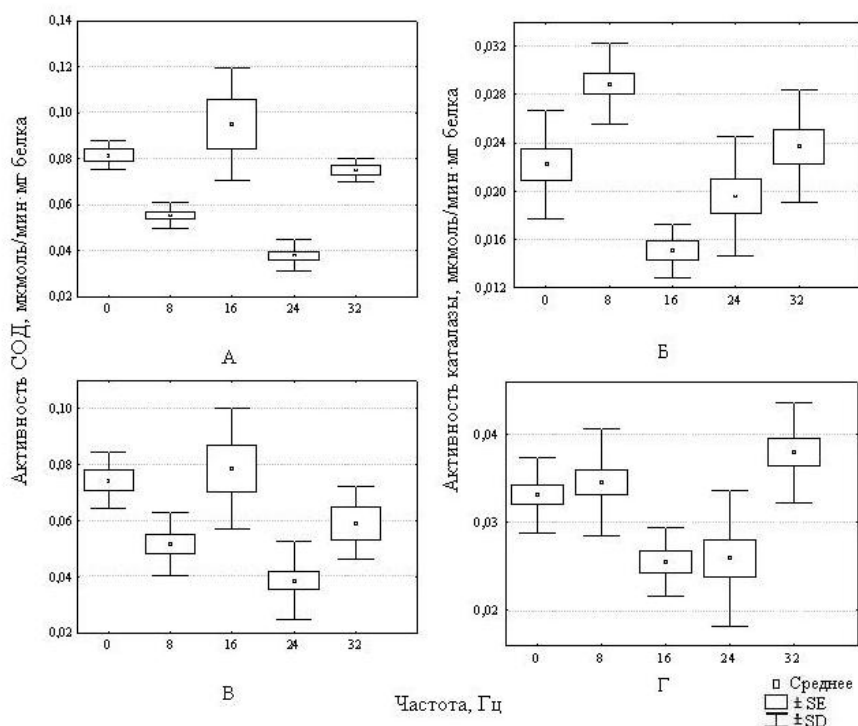


Рис. 4. Изменение активностей СОД (А, В) и каталазы (Б, Г) в тканях селезенки (А, Б) и легких (В, Г) в зависимости от частоты вибрации. Обозначения: 0 – контроль,  $\pm SE$  – ошибка среднего,  $\pm SD$  – среднеквадратичное отклонение.

Для тканей практически всех органов (кроме печени и почек под действием вибрации) полученные нами соотношения активностей СОД/КАТ больше единицы, т.е. скорость образования пероксида водорода в несколько раз больше скорости расходования данного метаболита по ферментативному пути. В тканях сердца и мозга соотношение активностей СОД/КАТ снижается, однако оно происходит на фоне снижения активности СОД и

увеличения активности каталазы во всем исследуемом диапазоне частот. Т.е. в тканях сердца и мозга на 14-й день вибрационного воздействия прослеживается тенденция адаптивной перестройки системы АОЗ.

Следует отметить, что для тканей печени и почек показатель соотношения активностей СОД/КАТ достаточно низкий относительно других тканей, что согласуется с литературными данными. Если учитывать превращение  $H_2O_2$  не только по

ферментативному пути, но и по реакции Фентона, то соотношение активностей СОД/КАТ может оказаться меньше единицы [13]. Исходя из этого, можно заключить, что каталаза этих органов принимает участие и в других параллельных реакциях, связанных с иными процессами метаболизма  $H_2O_2$ . В частности, это могут быть превращения в пероксисомах, где этот фермент составляет 40% содержимого органеллы. Однако, в нашем случае, вибрация с частотами 8, 24 Гц вызывает снижение активностей как СОД, так и каталазы в тканях печени. Такой же характер изменения ферментов на частотах 8, 24, 32 Гц в тканях почек. Это не дает нам оснований утверждать об активизации параллельных процессов, протекающих с участием  $H_2O_2$ . А вот рост каталазной активности тканей печени после вибрации с частотой 32 Гц при неизменной активности СОД, возможно связан с активацией пероксисомальных реакций или других параллельных процессов, требующих повышения активности каталазы в клетке.

Таким образом, влияние вибрации на организм складывается из прямого и опосредованного воздействия на клетки и ткани [17]. Результаты многих экспериментальных работ служат подтверждением распространенных в последние годы взглядов на вибрационное воздействие как на вариант мембранопатологического процесса, характеризующегося повреждением морфофункциональных свойств плазматических мембран и мембран субклеточных структур, приводящего к нарушению функций мембраносвязанных ферментов, внутриклеточных органелл, накоплению продуктов окисления белков и липидов, снижению активности антиоксидантной системы, системным нарушениям микроциркуляции. Ряд исследователей обнаруживает в крови лиц, подвергавшихся воздействию вибрации, антигены печени, почек, сердца, мышечной, нервной и соединительной тканей, а также высокие титры антител к этим антигенам [18]. Разрушение клеток приводит к выходу из них протеолитических ферментов и других агрессивных агентов, что необратимо изменяет конфигурацию белковых молекул поврежденных клеток, воспринимаемых иммунной системой уже как "чужое". Например, авторы [19] обнаружили гистологические признаки дистрофии миокарда крыс уже на 7-й день воздействия вибрацией с частотой 8 Гц, амплитудой 0,5 мм. Авторы отмечают, что резкое снижение поступления кислорода в кардиомиоциты происходит как вследствие развития отека стенки сосудов, периваскулярного пространства, так и в результате непосредственной деструкции сосудов микроциркуляторного русла, наблюдающейся начиная с первых дней вибрационного воздействия. Показано [20], что вибровоздействие (8 Гц, 1 мм) вызывает в нейронах разных типов изменения структуры популяции митохондрий. Описаны морфофункциональные изменения в тканях тимуса [18], почек [21] животных на ранних сроках

воздействия вибрации с частотой 32 Гц. Аналогичные изменения описаны при физической нагрузке, старении, гипоксии, что позволяет считать реакцию на вибрационное воздействие неспецифичной и обусловленной несоответствием возрастающей при внешних воздействиях энергопотребностью и возможностями энергообразующих систем по ее компенсации.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что длительное воздействие низкочастотной вибрации в интервале частот 8–16 Гц, приводит к изменению активностей ферментов СОД и КАТ, что связано с активизацией процессов образования активных форм кислорода.
2. Показано, что при низкочастотной вибрации для ферментов СОД – каталаза эритроцитов характерно явление перекрестной регуляции активности, что находит отражение в отрицательной корреляции между активностями ферментов.
3. Рост соотношения СОД/КАТ выше уровня контроля наблюдается при вибрации с частотой 16 Гц в тканях печени, почек, селезенки и легких. Этот факт обусловлен падением активности каталазы и может рассматриваться как состояние гипоксии.
4. Вибрация с частотами 8, 24 Гц вызывает снижение активностей как СОД, так и каталазы в тканях печени и снижение соотношения СОД/КАТ до уровня ниже 1. Такой же характер изменения ферментов на частотах 8, 24, 32 Гц в тканях почек.
5. Рост каталазной активности тканей печени после вибрации с частотой 32 Гц при неизменной активности СОД возможно связан с активацией пероксисомальных реакций или других параллельных процессов, требующих повышения активности каталазы в клетке.

## Литература

1. Соловьев А.И. Гигиеническая значимость виброакустического фактора инфранизкочастотного диапазона на угольных шахтах Донбасса // Гигиена труда: Сборник. – Киев, 2004. – Вып. 35. – С. 51-61.
2. Мухин В.В., Соловьев А.И. Особенности профилактики вредного воздействия шума и вибрации у горнорабочих угольных шахт Донбасса // Гігієна населених місць: Сб. наук. пр. – К.: МЗ України, 2005. – Вип. 45. – С. 268-274.
3. Антошина Л.И., Саарконтель Л.М., Павловская Н.А. Действие вибрации на биохимические показатели, характеризующие окислительный метаболизм, иммунитет, обмен мышечной и соединительной тканей (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – №2. – С. 32–37.
4. Минасян С.М., Адамян Ц.И., Геворкян Э.С. Изменение морфологических показателей крови в динамике воздействия вибрации и корней солодки // Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. – 2007. – Т. 93, №9. – С. 1035–1042.
5. Руковишников В.С., Панков В.А., Кулешова М.В., Лизарев А.В., Русанова Д.В., Судакова Н.Г. Итоги и перспективы научных исследований по проблеме формирования сенсорного конфликта при воздействии шума и вибрации в

- условиях производства // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – №1. – С. 1–5.
6. *Бодяенкова Г.М., Лизрев А.В.* Патогенетическая роль нарушений иммунореактивности организма в механизмах взаимосвязи гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и тиреоидной систем при вибрационной болезни // Медицина труда и промышленная экология. – 2005. – №12. – С. 25–27.
  7. *Сухаревская Т.М., Лосева М.И., Болотнова Т.В., Шпагина Л.А., Пахомова А.М.* Клеточно-мембранные аспекты патогенеза гипоксии при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации // Терапевтический архив. – 1991. – № 2. – С. 84 – 88.
  8. *Oganisyan A.O., Oganesyanyan K.R., Minasyan S.M.* Changes in succinate dehydrogenase activity in various parts of the brain during combined exposure to vibration and licorice root // *Neuroscience and behavioral physiology*. – 2005. – Vol. 35, No. 5. – P. 545–548.
  9. *Сторожук П.Г.* Ферменты прямой и косвенной антирадикальной защиты эритроцитов и их роль в инициации процессов оксигенации гемоглобина, антибактериальной защите и делении клеток // Вестник интенсивной терапии. – 2003. – № 3. – С. 8–13.
  10. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. – UMS. – 2002. – P. 42–46.
  11. *Ou P., Wolf S.P.* Erythrocyte catalase inactivation ( $H_2O_2$  production) by ascorbic acid and glucose in presence of aminotriazole: role of transition metals and relevance to diabetes // *Biochem. J.* – 1994. – Vol. 303. – P. 935–940.
  12. *Костюк В. А., Потапович А.И., Ковалева Ж.В.* Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кверцетина // *Вопр. мед. химии*. – 1990. – № 2. – С. 88–91.
  13. *Левадная О.В., Донченко Г.В., Валуцина В.М., Корж Е.В., Хиль Ю.Н.* Соотношение между величинами активности ферментов антиоксидантной системы в различных тканях интактных крыс // *Укр. биохим. журн.* – 1998. – Т. 70, № 6. – С. 53–58.
  14. *Marklund S.L.* Properties of extracellular superoxide dismutase from human lung // *Biochem. J.* – 1984. – Vol. 220. – P. 269–272.
  15. *Январева И.Н., Павлова Л.П., Баранова Т.И., Баскакова Г.Н.* Системно-динамический подход к исследованию адаптационного потенциала человека // Структурно-функциональные основы приспособительных реакций на разных уровнях организации живых систем. Нервная система. – СПб: СПбГУ, 2001. – С.105–154.
  16. *Pigeolet E., Corbisier P., Houbion A., Lambert D. et al.* Glutathione peroxidase, superoxide dismutase, and catalase inactivation by peroxides and oxygen derived free radicals // *Mech Ageing Dev.* – 1990. – Vol.51, No 3. – P. 283–297.
  17. *В. А. Кирьяков, Н. А. Павловская, А. В. Сухова, Л. И. Антошина.* Современные лабораторные маркеры ранних стадий вибрационной патологии // Вестник Российской АМН. – 2005. – № 3. – С. 27–30.
  18. *С.В. Бобров, А.В. Ефремов, Г.М. Вакулин.* Функциональная морфология и ультраструктурные изменения тимуса при воздействии вибрации и их коррекция с использованием эссенциальных фосфолипидов // *Бюл. СО РАМН*. – 2002. – Т. 104, №2. – С. 129–137.
  19. *Т.Г. Абдуллин, А.Т. Абдуллин, А.В. Глушков.* Эффективность профилактического применения биорезонансного альфа-препарата при вибрационном поражении миокарда // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV, № 2. – С. 28–29.
  20. *Б.А. Насибуллин.* Особенности реакции популяции митохондрий в нейронах сенсомоторной коры при длительном воздействии низкочастотной вибрации на организм крыс // *Цитология и генетика*. – 2002. – №1. – С. 40–45.
  21. *Ю.И. Склянов, Г.В. Правоторов, О.И. Балугева, Г.М. Вакулин.* Морфофункциональная характеристика почек у матери, плода и потомства при воздействии вибрации промышленной частоты во время беременности // *Морфология*. – 2005. – №4 – С. 29–32.

**АКТИВНІСТЬ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ І КАТАЛАЗИ ЕРИТРОЦИТІВ ТА ДЕЯКИХ ТКАНИН МИШЕЙ В УМОВАХ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ВІБРАЦІЇ**

**Доценко О.І., Доценко В.А., Міщенко А.М.**

Досліджено вплив низькочастотної вібрації в інтервалі частот 8÷32 Гц інтенсивністю 78÷97 Дб на функціонування системи СОД – каталаза еритроцитів і деяких тканин мишей. Показано, що при низькочастотній вібрації для ферментів СОД – каталаза еритроцитів характерно явище перехресної регуляції активності, що знаходить відображення у від’ємній кореляції між активностями ферментів. Показано, що вібрація із частотою 16 Гц ініціює порушення процесів вступу й утилізації кисню в тканинах і органах і виникнення тканинної гіпоксії.

**Ключові слова:** низькочастотна вібрація, супероксиддисмутаза, каталаза

**THE ACTIVITY OF ERYTHROCYTES SUPEROXIDE DISMUTASE AND CATALASE AND SOME OTHER TISSUES AT CONDITION OF LOW FREQUENCY VIBRATION**

**Dotsenko O.I., Dotsenko V.A., Mischenko A.M.**

The influence of low-frequency vibration in the range of frequencies 8 ÷ 32 Hz with intensity 78 ÷ 97 Db on the functioning of the erythrocytes system SOD – catalase and some mice tissues is investigated. It is shown that at low-frequency vibration for erythrocytes enzymes system SOD – catalase the phenomenon of cross regulation of activity is characteristic and this finds its reflection in negative correlation between the activities of enzymes. It is shown that the vibration with frequency 16 Hz initiates the damages in processes of receipt and oxygen recycling in tissues and organs and initiation of tissue hypoxia.

**Key words:** low frequency vibration, superoxide dismutase, catalase