

Журнал основан в 1918 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. В. И. ВЕРНАДСКОГО

Научный журнал

Серия “Биология, химия”

Том 23 (62). № 4

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
Симферополь, 2010

Редакционный совет журнала «Ученые записки ТНУ»:

Багров Н.В. – д.г.н., проф., член-корр. НАНУ, (председатель)

Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф. (зам. председателя)

Дзедолик И.В. – д.ф.-м.н., доц. (секретарь)

Члены Совета (редакторы серий):

Богданович. Г.Ю. – д.филол.н., проф.

Берестовская Д.С. – д. филос.н., проф.;

Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф.;

Габриелян О.А. – д. филос.н., проф.

Казарин В.П. – д.филол.н., проф.;

Кальной И.И. – д.филос.н.; проф.;

Канов А.А. – д.э.н., проф.;

Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н. проф.

Лазарев Ф.В. – д.филос.н. проф.

Подсолонко В. А. – д.э.н. проф.

Темурьянц Н.А. – д.б.н. проф.

Тимощук А.В. – д.ю.н. проф.

Шульгин В.Ф. – д.х.н. проф.

Юрченко С.В. – д.полит.н. проф.

Состав редколлегии серии «Биология, химия»:**Раздел «Биология»:**

Ивашов А.В. – д.б.н, проф.;

Коношенко С.В. – д.б.н, проф.;

Коренюк И. И. – д.б.н, проф.;

Котов С.Ф. – к.б.н.;

Павленко В.Б. – д.б.н, проф.;

Темурьянц Н.А. – д.б.н., проф.

(редактор по разделу «Биология»);

Чуян Е.Н. – д.б.н, проф.;

Юрахно М. В. – д.б.н, проф.

Раздел «Химия»:

Гришковец В.И. – д.х.н., проф.;

(редактор по разделу «Химия»)

Земляков А. Е. – д.х.н., проф.;

Першина Е.Д. – к.х.н., доц.;

Федоренко А. М. – д.х.н., проф.;

Чирва В. Я. – д.х.н., проф.;

Шульгин В.Ф. – д.х.н., проф.

Журнал печатается по решению Ученого Совета Таврического национального университета им. В.И. Вернадского от 22.12.2010 г. (протокол № 12)

© Таврический национальный университет, 2010 г.

Подписано в печать 17.12.2010. Формат 60x84 ¹/₈ усл. изд. л. 10,6. Тираж 500. Заказ № 17/а.

Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.

Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007

„Учюниє записки Тавричєского национального унїверситєта им. В. I. Вернадского”

Науковий журнал. Серія «Біологія, хімія». Том 23 (62), №4.

Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2010

Журнал заснований у 1918 р.

Адреса редакції: Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007

Надруковано у інформаційно-видавничьому відділі Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського.

Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007

<http://science.crimea.edu/zapiski/zapis.html>

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 4. С. 3-12.

УДК 630* 116. 64

ОПЫТ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ «ПЕСЧАНО-ОВРАЖНЫХ ПАРТИЙ» В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ ЦАРСКОЙ РОССИИ И ЕГО ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ДЛЯ УКРАИНЫ

Агапонов Н.Н.¹, Бойко Г.Е.²

¹*Ю.Ф. НУБиП Украины «КАТУ», Симферополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*
E-mail: boyko58@mail.ru

Приведено описание опыта лесомелиоративных работ «песчано-овражных партий» в южных районах царской России и его преемственность для Украины

Ключевые слова: лесомелиоративные работы, песчано-овражно партии.

ВВЕДЕНИЕ

Уже в 18 и 19 веках отмечали, что земли сельскохозяйственного использования в странах Европы и других континентов мира подверглись интенсивной деградации. Это отрицательно сказалось как на состоянии обрабатываемых, так и прилегающих к ним участков. Вместе с нарастающей потерей гумуса и других питательных элементов обрабатываемые площади подвергались ветровой и водной эрозии. На сельскохозяйственных землях появились новые многочисленные эрозионные образования, глубина и ширина которых с каждым годом возрастала после интенсивного снеготаяния или выпадения ливня [1-7].

Первые упоминания о подвижных песках относятся ко второй половине 16-го века, когда в «Писцовые книги» стали вносить подробные описания хода погребения пахотных земель. Энтузиасты и лесоводы многих стран мира уже более трёх столетий усиленно работали и продолжают работать над созданием защитных насаждений в степных районах и на песках. Они глубоко осознавали, что только удачно выращенному лесу посильно бороться с ветровой и водной эрозией на землях, интенсивно и длительно используемых в сельскохозяйственном обороте. Высоких и всесторонне обоснованных показателей создания и произрастания древесно-кустарниковой растительности в аридных условиях сыпучих песков и оскудевших степных просторов добились естествоиспытатели Царской России. Она не без оснований считается Родиной степного лесоразведения. Из истории российского государства известно, что первым, кто обратил внимание на

выращивание леса в степи, был Пётр 1. По его Указу была создана в 1696 году дубовая роща под Таганрогом. Пионерами степной агролесомелиорации являются: И.Я. Данилевский, В.Я. Ломиковский (1804), В.П. Скаржинский (1816), И.Т. Посошков (1724), М.М. Кирьяков (1836-1839), В.Е. Графф (1843), Ф.Х. Майер (1830-1860), А.А. Кариер (1887), Н.К. Генко (1887-1906). Теоретиками степного лесоразведения тех лет являлись великий агроном и лесовод 18-го века А.Т. Болотов, знаменитый естествоиспытатель М.В. Ломоносов, всемирно известный химик Д.И. Менделеев и т.д. Так, А.Т. Болотов пропагандировал необходимость полезащитного лесоразведения, а М.В. Ломоносов обращал внимание на возникновение водной и ветровой эрозии на необлесённых пространствах. Д.И. Менделеев приравнивал создание лесов в степи к защите Отечества. И.Т. Посошков горячо ратовал за выращивание лесов вокруг степных сёл и деревень. И тем не менее, степное лесоразведение в аридных (засушливых) условиях до конца 19 века продолжало оставаться в системе научно-теоретического поиска и уточнения агротехники создания и выращивания насаждений.

К началу 90-х годов 19-го столетия Россия обладала уже значительным опытом степного лесоразведения. Однако это большое дело тогда еще не имело надежных научных основ. Лесоводы путём больших затрат сил и средств стремились на практике найти наиболее рациональные способы посадок, преодолевая многочисленные препятствия, которые на каждом шагу оказывала им степная природа.

Ситуация существенно изменилась только после образования в 1889-1892 годах «Песчано-овражных партий», когда в царской России были учтены основные песчаные массивы и глубокие овраги в южных губерниях страны. К руководству «Песчано-овражных партий» были приглашены опытные и широко известные лесоводы – В.М. Борткевич, В.Я. Гурский, М.М. Пятницкий и др. Для руководства «Песчано-овражными партиями» в масштабе губерний были организованы округа: Волыньско-Подольский, Киевский, Таврийско-Екатеринославский, Харьковско-Полтавский, Херсонский и др. В штате каждой из таких партий имелось по 3-4 лесовода и гидротехника. Руководство «Песчано-овражных партий» с первых дней своей работы стало поддерживать тесные связи с сельскими и земскими работниками. Так, полевые лесоводы имели в сёлах большой авторитет в вопросах закрепления оврагов и расширения защитных насаждений на овражно-балочных землях.

После образования «Особой экспедиции» в 1892 году, руководство которой было возложено на широко известного в России и за её пределами почвовед В.В. Докучаева, была обоснована система мер борьбы с засухой на степных просторах. Полученные научные разработки «Особой экспедиции» легли в основу производственной деятельности «Песчано-овражных партий». В.В. Докучаеву, совместно с сотрудниками «Особой экспедиции», среди которой были молодые, подающие большие надежды Г.Ф. Морозов и Г.Н. Высоцкий, удалось заложить три экспериментальных участка. Они представляли: южную подзону степи (Великоанадольское опытное хозяйство); среднюю подзону степи (Деркульское опытное хозяйство); северную подзону степи (Каменностепское опытное хозяйство). В вышеперечисленных экспериментальных участках повышенное внимание уделяли созданию полезащитных лесополос различной ширины,

сооружению прудов в имеющихся оврагах. Под лес участники «...Экспедиции» и «Песчано-овражных партий» отводили 10-20% общей площади. В создаваемых лесных полосах ширина изменялась от 6 до 200 м. Закладывали защитные насаждения по водоразделам, вдоль берегов балок и оврагов, по берегам глубоких эрозионных образований и по руслам временных водотоков.

За короткое время (с 1892 по 1898 г.г.) деятельности «...экспедиции» и «...партий» было заложено 43 лесополосы, представляющие собой более 80 оригинальных научных опытов. Значение большинства из них не утрачено и сегодня. В.В. Докучаевым и его помощниками была всесторонне обоснована система мер борьбы с засухой, основанная на создании полезащитных лесополос различной ширины и с различным удалением одной полосы от другой. Тем не менее, площадь перемещённых песков и глубоких эрозионных образований с каждым годом расширялась, обедняя верхний корнеобитаемый слой почвогрунтов. Поэтому уже в 1900-1901 г.г., разработанные «Особой экспедицией» научно-практические рекомендации и всё возрастающая овражная эрозия, подвигли царское правительство к расширению организации «Песчано-овражных партий». В их состав входили полевые лесоводы и гидротехники, которые учитывали почвенно-климатические особенности того или другого региона, породный состав древесно-кустарниковой растительности, используемый для введения в защитные насаждения. Они были вооружены теорией Г.Н. Высоцкого «О различии иссушения горизонтов почвы в лесу и на беслесных пространствах». По этой теории следует, что поверхность почвы в лесу в течение всего лета остаётся наиболее влажной. В поле же она значительно суше, а на чёрном пару поверхность почвы высыхает особенно сильно. В целом почвенный профиль сильнее всего иссушается под целиной, несколько слабее – под культурной полевой растительностью. Ещё слабее иссушается под лесом и наиболее влажным почвенный профиль оказывается под чёрным паром. Что же касается подпочвы (грунта), то здесь наиболее сильное иссушение наблюдается под лесной растительностью, затем в порядке убывания степени иссушения следуют целина, поле и чёрный пар. При закреплении оврагов не ограничивались созданием одних лишь прудов. Оптимальным являлось закрепление глубоких эрозионных образований за счёт агро- и лесомелиорации и формирования простейших гидротехнических сооружений поперёк имеющегося тальвега и в вершине оврагов.

К 1910 г. работники «Песчано-овражных партий» сумели не только разработать организационные формы и технические приёмы мелиорации песков, но и организовали создание регулярно печатавшегося сборника научно-производственных работ по лесомелиоративному делу. Достиженные успехи по закреплению оврагов и подвижных песков можно объяснить самоотверженной работой энтузиастов-агролесомелиораторов Ф.А. Аверьянова, М.А. Орлова, Ф.И. Готшалка, В.Я. Гурского, В.М. Борткевича, В.А. Палецкого, А.В. Костяева и др.

Со дня своего образования «Песчано-овражные партии» находились в подчинении лесного департамента, разрабатывая проекты закрепления оврагов и сыпучих песков и организуя закрепительные работы на средства местных земельных органов и населения. При выполнении этих проектов использовали местный

строительный материал (хворост, солому, порубочные остатки, жерди, брёвна, камни и т.п.). Так, известным лесоводом Полтавщины – В.М. Борткевичем, руководителем первой «Песчано-овражной партии», – было рекомендовано в верховьях действующих оврагов (в 7-15 м перед вершиной) устраивать водозадерживающие валы для перехвата основного потока вешних и ливневых вод и отвода большей их части от вершины эрозионного образования. Там они будут отведены на менее опасные (поросшие травянистой растительностью) приовражные участки. В равнинных условиях насыпные валы достигают повышенных габаритов (общей высоты, ширины по верху и основанию, соответственно 1,4; 2,2 и 7 м). Валы насыпают строго по горизонталям, при этом поверхность под основанием предварительно пашут. Если почвенный покров в верховьях действующего оврага сильно смыт, то при закреплении вершины глубокого эрозионного образования ограничиваются, обычно, формированием водораспылительных или водоотводных борозд (канав), концы которых отклонены на 3–7° от горизонтали. Если при расчёте окажется, что одной канавы недостаточно, то выше неё устраивают дополнительные, размещая их каскадом вверх. Расстояние между такими бороздами выдерживается в пределах 3–6 м. С подъёмом вверх по склону протяжённость канав уменьшается на 4–8 м. Ниже вершины оврагов поперёк их тальвега практикуется устраивать плетнёвые (или какого другого вида строительного материала, например, каменного, бетонного и т.п.) запруды. Для этого из свежесрубленных веток ивовых, тополёвых, платановых и других древесно-кустарниковых пород, способных к укоренению, заготавливают колья длиной 1,5-2,0 м и диаметром 40-70 мм. С одного конца колья заостряют и доставляют в русло временного водотока (тальвега), где их забивают острым концом вниз. Из забиваемых колеёв, удалённых один от другого на 0,2-0,5 м, формируется основание будущей запруды. Установленные поперёк тальвега колья, ряд за рядом, оплетаются более тонкими свежесрубленными ветками (в 1,5-4 раза тоньше забитых колеёв), образуя плетень, а вернее донную запруду требуемой высоты и ширины. Чтобы повысить устойчивость и работоспособность такой запруды, рекомендуется вместо одного плетня устанавливать два и более, отстоящих один от другого на 0,6-2,0 м. При этом межплетнёвое, нагорное и подгорное пространства построенных донных запруд заполняют соломой или другим рыхлым органическим материалом (например, срубленными мелкими ветками или скошенной травой). Его сверху придавливают камнями, отрезками стволовой древесины или выкорчеванными пнями, не востребованными для других хозяйственных нужд. Каждая из таких донных запруд предназначена: для снижения энергии водного потока, поступающего с вышерасположенной водосборной площади в русло закреплённого оврага; фильтрации стекающей воды; отложения почвенных и механических включений в толщу уложенной соломы и на поверхности устроенных донных площадок.

Часть колеёв, заготовленных из свежесрубленной древесины, укореняется, образуя поросль по всей высоте или в нижней части забитых колеёв. Древесная растительность быстро развивается, создавая предпосылки для ускоренного перевода действующего оврага в затухающий.

В прибрежной зоне закрепляемых оврагов почву обрабатывают (в сплошную или частично – полосами различной ширины) и создают приовражные посадки, за которыми необходим своевременный агротехнический уход в течение 3-х лет и более.

После этих мероприятий в овраге откосы и площадки, образованные плетнёвыми донными запрудами, накопившими более 15 см слой мелкозёма, используют под залесение, то есть – посадку сеянцев или посев семян деревьев и кустарников, способных успешно произрастать в бедных почвенно-климатических условиях.

В горном Крыму на устроенных донных запрудах и в устьях глубоких эрозионных образований, наряду с лесной древесно-кустарниковой растительностью, выращивают орехоносы (орех грецкий, серый и чёрный, миндаль, лещину и фундук, фисташку дикую и настоящую), а также плодовые – инжир, шиповник, абрикос, шелковицу белую и чёрную, алычу, хурму, черешню, лавр благородный, гранат, маслину европейскую, кизил, рябину крупноплодную (садовую), грушу, яблоню и т.п.

На безводных и маловодных лесных участках наиболее крупные овраги, имеющие повышенную площадь водосбора, следует отводить под сооружение водоёма (пруда), а в горных условия – даже каскада прудов в одном глубоком закрепляемом эрозионном образовании. Построенные пруды могут использоваться не только для зарегулирования и перераспределения основного объёма стока, но и для привлечения на обводнённые лесные территории охотничьей фауны и рекреантов.

Принимая во внимание недостаточную способность засушливых земель к восстановлению, многие страны мира объединяют свои усилия на выработку мероприятий по фитомелиорации малоценных сельскохозяйственных угодий и закреплению подвижных песков. Только в СССР песчаных земель насчитывалось 240 млн. га. Как указывалось [2, 7], при нерациональном их использовании они быстро подвергаются ветровой эрозии и превращаются в так называемые бросовые земли.

Специалисты песчано-овражных партий с первых лет своей работы поняли, что посев трав или посадка леса на подвижных песках плохо удаются. Они быстро осознали, что их следует закрепить в первую очередь. Для этого применяют механические и живые защиты. Механические защиты изготавливают из соломы, хвороста, стеблей трав, тростника и т.д. Их устанавливают в стоячем и лежащем положении. Наибольшее распространение получили стоячие рядовые защиты. При их устройстве на равнинных песках нарезают плужные борозды поперёк направления господствующих ветров, а на бугристых песках (кучугурах) вручную копают борозды (канавы) глубиной 25-30 см – по горизонталям ветроударных откосов бугров. В канавы и борозды устанавливают щиты, снопы диаметром 5-10 см из соломы или стеблей диких трав (полынь, тростник и т.п.). Борозды засыпают обратным ходом плуга, а канавы – вручную. Высота щитов (заборчиков) над поверхностью песка 0,4-0,6 м, а расстояние между ними 4-6 м (10-кратная высота). В промежутках между щитами образуется зона затишья и песок перестаёт перемещаться. Здесь высевают травы или высаживают лес в зависимости от намеченного использования этих площадей. Срок службы заборчиков не превышает 3-4 лет. За это время пески должны быть закреплены растениями.

Устилочные (лежащие) щиты применяют там, где пески очень подвижны и рядовые защиты быстро разрушаются. Поверхность песка устилают соломой, камышом или хворостом полосами шириной 1-1,5 м с такими же промежутками. Ориентируют полосы поперёк направления господствующих ветров. Разостланный материал закрепляют крупными хворостинами и колышками. В некоторых случаях рекомендуется чередовать ряды стоячих и устилочных защит.

Живые защиты создаются посадкой ивы шелюги. Они необходимы для последующей посадки леса. Шелюгу (красную, жёлтую, каспийскую) сажают хлыстами или черенками. Хлыст – это свежесрубленная (2-3-х летняя) ветка, очищенная от боковых побегов; черенок – часть годовичного побега (почками) длиной 30-50 см. Посадку обычно проводят осенью.

В 1834 г. по указанию министра финансов России Е.Ф. Канкрин был составлен проект по закреплению и облесению Олешковских песков, под выполнение которого правительством было организовано лесничество и выделено 200 тыс. рублей. По нему, в первую очередь, предусматривали сажать шелюгу и тополь чёрный по периметру массивов. Окружной лесничий Петерсон обследовал земли лесничества и изучил опыт закрепления песков в различных районах и предложил рекомендации по их фито- и лесомелиорации. Он предложил под плуг высаживать длинные прутья шелюги с размещением плужных борозд через 3 м. По такой агротехнике в 1841-1843 г.г. закреплено, соответственно 290, 304 и 1093 десятины (1 десятина = 10920 м² = 1,092 га). На закреплённых песках Петерсон предложил полное запрещение выпаса скота, а для охраны посадок – назначить сторожей. Уже с 30-х годов 19-го столетия проблема мелиорации Олешковских песков стала ареной борьбы различных идей и рекомендаций. По некоторым вопросам эта проблема продолжает оставаться и теперь. Внедряя эти рекомендации, лесоводы нижнеднепровья с первых лет посадки культур убедились, что кроме шелюги следует высевать или высаживать сеянцы и саженцы главных и второстепенных пород (белую и жёлтую акацию, клён, липу, яблоню, ясень и т.д.). Однако эти породы очень слабо приживались и развивались. Учитывая это, министр финансов граф Канкрин утвердил Инструкцию (1830), в которой указывалось, что наилучшими и первостепенными участками залесения являются впадины, крутые склоны и поймы рек, на которые на первом этапе высевают акацию жёлтую, а на втором – дуб и другие ценные породы.

В «Лесном журнале» за 1834 г. губернским лесничим Фрайрейсом была опубликована статья, в которой он подробно описывает ущерб, приносимый населению незакреплёнными подвижными песками, и предложил три способа агролесомелиорации песков:

- сплошная посадка шелюги черенками в борозды под плуг;
- посадка шелюги живцами в борозды под плуг и посев между ними семян сосны, дуба и других пород;
- посадка шелюги широкими полосами в плужные борозды вместе с тополем чёрным.

В журнале «Общепольных сведений» за 1837 г. отмечалось, что площадь лесов на песках Нижнего Днепра в 1802 г. составляла 5 тыс. га. Однако к 1832 г. площадь защитных насаждений приблизилась к нулю [2].

В процессе изыскательских работ сотрудниками песчано-овражных партий установлено, что на песках в зоне полупустынь и пустынь необходимо проводить следующие лесомелиоративные мероприятия:

- планомерное закрепление песков для защиты от заноса ими орошаемых песков, железнодорожных и автомобильных путей, промышленных строек, селений, каналов и путей водного транспорта;
- широкое развитие облесительных работ на участках песков и супесей с оптимальными условиями увлажнения для получения топливной (саксаул) и поделочной древесины;
- облесение старых русел с высоким уровнем более или менее пресных грунтовых вод;
- облесение участков глубоких песков кустарниками-псаммофитами там, где это оправдывается государственными или хозяйственными интересами [7].

Уже в 19-ом веке лесоводы осознали, что предотвратить засухи невозможно. Поэтому необходимо произвести рыхление песка на глубину 0,7-0,8 м, способствующее нарушению его плотности, уничтожению сорняков, наиболее ускоренному проникновению корней культурных растений в глубокие горизонты, где больше почвенной влаги. Но, тем не менее, в 60-х годах 19-го столетия лесомелиорация нижнеднепровских песков прекратилась. Последовавшее за этим бессистемное использование привело к ускоренному уничтожению значительной части древесной растительности. Только за 1885-1886 г.г. пески засыпали почти 1000 десятин посевов сельскохозяйственных культур. Эти отрицательные явления принудили местное земство и Министерство земледелия и госимущества основательно заняться лесомелиорацией песков. Так, на Олешковских песках в 1879-1881 г.г. весьма успешным оказалось введение в лесные культуры сосны крымской на площади 100 га. Большая часть выращенного соснового леса сохранилась до настоящего времени.

Повышенное оживление в решении вопросов закрепления песков стало наблюдаться после образования песчано-овражных партий, 110-летний юбилей которых отмечается лесомелиораторами Украины и России в 2010 году. Так, по проектам этой партии местные крестьяне и помещики нижнеднепровья при финансовой поддержке правительства создали по периметру песчаных арен охранные полосы. На окраинах арен мощность песчаного покрова была ограниченной (50-70 см), а под ним находилась плодородная почва. Чтобы улучшить условия произрастания на таких землях проектанты рекомендовалось высаживать белую акацию и другие породы в дно канав, по глубине соответствующих толще имеющегося песчаного слоя. При такой глубине траншей корни посаженных растений находятся в постоянно увлажнённом слое почвы, температура которого в жару гораздо ниже, чем на поверхности песка, раскалённого на солнце.

Положительные результаты агролесомелиоративных работ были достигнуты при закреплении песчаных массивов в Полтавской губернии, после организации

здесь песчано-овражной партии, в которой работали три специалиста-лесоведа или, как их тогда называли, полевые лесоводы.

Многолетний опыт России, Украины, Китая, США и других стран мира показал, что закрепление сыпучих песков шелугой является самым дешёвым и эффективным способом их фито- и лесомелиорации [4-6]. Согласно ему, на песках через $2,1 \pm 0,1$ м плугом нарезали непрерывные борозды, на дно которых укладывали прутья шелуги и вторым проходом пахотного агрегата их закрывали. Через 2 года между рядами шелуги высаживали сеянцы сосны. На задерневших и полудерневших песках устраивали борозды через $1,4 \pm 0,1$ м одна от другой. На некоторых песчаных землях в мае-июне проводили обработку почвы, а в августе – посев ржи, оставляя незасеянными полосы шириной $0,5 \pm 0,1$ м. Весной следующего года в окультуренные полосы высаживали сеянцы сосны и других древесно-кустарниковых пород.

К осени 1917 г. в 9-ти украинских губерниях, по данным Лесного Департамента, на песках было посажено 75 тыс. га сосны и 66,2 тыс. га шелуги. За 1899–1922 г.г. только в Украине лесомелиоративные работы (посадка шелуги и сосновых культур) были проведены на площади более чем 23 тыс. га [4]. Но в 1927 году «Песчано-овражные партии», просуществовав 28 лет, были расформированы.

Об их эффективной работе вспомнило Советское правительство лишь в 1948 году, при принятии «Великого плана преобразования природы...» [1], когда совместно с лесхозами стали организовываться лесоопытные станции (ЛОС) в районах, где отсутствовали полностью или частично защитные лесополосы и имелось много действующих и затухающих оврагов, нуждающихся в скорейшем их закреплении. Такие ЛОС были и в Крыму, это: Джанкойская, Ленинская и Раздольненская. Эти станции обслуживали аграрные предприятия Степного Крыма, создавая по утверждённым проектам защитные лесные насаждения на сельскохозяйственных землях. Лесоопытные станции в Украине и Крыму функционировали до 90-х годов 20-го столетия. За это время на полуострове было создано на землях сельскохозяйственного пользования около 27 тыс. га лесополос и защитных насаждений. Теперь ЛОС переименованы в государственные предприятия: «Лесное хозяйство», «Лесоохотничье хозяйство» и «Охотничье хозяйство».

Многофункциональные наблюдения за уже имеющимися и вновь создаваемыми лесными культурами, проведенные сотрудниками Нижнеднепровской лесоопытной станции, показали, что на сухих борах сохранность и развитие лесных культур сосны крымской и обыкновенной зависят от способа возделывания почвы. Так, в 11-летнем возрасте культуры, произрастающие на участках, где обработка производилась на глубину 25 см, средняя высота и диаметр ствола сосен обычно в 1,5 раза меньше, чем на участках, где обработка почвы осуществлялась на глубину 0,7 м. При этом было выявлено, что не везде ещё удастся создать устойчивые защитные насаждения. В связи с этим среди лесоводов-практиков и некоторых учёных бытует неуверенность не только в возможности, но и целесообразности лесомелиорации наиболее трудных участков. Учитывая природу Олешковских, Придонецких и других песчаных массивов академик П.С. Погребняк предложил торфяно-гнездовой способ их залесения. Уже к 1956 году по методу П.С. Погребняка было посажено более 8,7 тыс. га лесных культур,

из которых сохранилось 7 тыс. га. Такой успех вселил в лесоводов уверенность в возможности лесомелиорации особо трудных участков. Однако этот способ продолжает оставаться чрезмерно трудоёмким, рассчитанным на ручной труд. Вот почему научными сотрудниками УкрНИИЛХА (Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого) М.М. Дрюченко, А.Н. Недашковским, В.Н. Виноградовым, И.Н. Головчанским, Ю.К. Телешком и др. с 1956 года рекомендовано производить глубокое рыхление песчаных массивов, отводимых под залесение. С этого времени глубокое рыхление песков, старопашотных земель и пустырей стало обязательным агротехническим приёмом при возделывании почвы под лесные культуры. Кроме глубокого рыхления почвы в лесомелиорацию песков был внедрён целый комплекс других мероприятий, которые дали возможность вырастить на днепровских песках около 100 тыс. га защитных насаждений.

Научная разработка лесомелиорации нижнеднепровских песков и достижение высоких результатов по их залесению были высоко оценены правительством СССР. В 1986 г. представители лесной науки (академик В.Н. Виноградов, д.с.-х.н. А.Н. Недашковский), а также представители производства и местных органов самоуправления получили Государственную премию СССР.

Новый способ облесения подвижных песков нашёл широкое распространение не только в Украине, но и далеко за её пределами. С имеющимся опытом лесоводов Украины ознакомились специалисты многих республик бывшего СССР и дальнего зарубежья. На базе лесохозяйственных предприятий Херсонщины было проведено пять международных семинаров по линии ФАО ООН и стран Азии, Африки и Латинской Америки.

ВЫВОДЫ

1. 110-летнее функционирование «Песчано-овражных партий» показало их высококачественную работу. Благодаря их производственной деятельности произошла переоценка значимости закрепления эродированных горных склонов и овраго-балочных земель.
2. При этом установлено, что только при комплексном закреплении эродированных площадей достигается повышенная отдача каждого окультуренного гектара.
3. Для повышения эффективности вновь создаваемых «Песчано-овражных партий» они должны быть обеспечены новыми рекомендациями, в которых учтён более чем вековой опыт их работы, и оснащены современной почвообрабатывающей и землеройной техникой, способной эффективно и безотказно работать в тяжёлых почвенно-климатических условиях.

Список литературы

1. Агапонов Н.Н. Великий план преобразования природы: современное состояние и перспективы развития / Н.Н. Агапонов, Е.В. Николаев // Наукові праці П.Ф. «Кримський агротехнологічний університет» НАУ. – 2008. – Вип. 108. – С. 186–191.
2. Агролесомелиорация / [под ред. Н.И. Суса и Ф.И. Серебрякова] – М.: Колос, 1966. – Изд. 3. – 276 с.
3. Байтала В.Д. Лісівничі перехрестя / В.Д. Байтала – Харків : Прапор, 2005 – 168 с.

4. Вакулюк П.Г. Піщано-яружній організації України – 110 років / П.Г. Вакулюк // Лісовий і мисливський журнал. – 2009. – № 6. – С. 18–20.
5. Дрегн Г. Э. Наступление песков в США / Г. Э. Дрегн // Курьер, август. – 1977. – С. 14–17.
6. Защитные зелёные насаждения в Китае // Курьер, август. – 1977. – С. 32.
7. Ковда В.А. Аридизация суши. Борьба с засухой и проблемы продовольствия / В.А. Ковда // Курьер, август. – 1977. – С. 11–13.

Агапонов М.Н. Досвід лісомеліоративних робіт піщано-яружних партій у південних районах царської Росії і його спадкоємність для України / М.Н. Агапонов, Г.Є. Бойко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 3-12.

Наведено опис досвіду лісомеліоративних робіт піщано-яружних партій в південних районах царської Росії і його наступність для України.

Ключові слова: лісомеліоративні роботи, піщано-яружні партії.

Agaponov N.N. Work experience agroforestry «sandy-ravine expeditions» in southern areas of Tsarist Russia and its royal succession for Ukraine / N.N. Agaponov, G.E. Boyko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 3-12.

The description of work experience in agroforestry sandy ravine lots in the southern regions of Tsarist Russia and its continuity for Ukraine.

Keywords: Forest melioration work, sandy ravine Expedition.

Поступила в редакцію 26.11.2010 г

УДК 612.135:528.811+537-96

**ПОКАЗАТЕЛИ ОБЪЕМНОГО КРОВОТОКА У ИСПЫТУЕМЫХ
С РАЗНЫМИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫМИ ТИПАМИ В УСЛОВИЯХ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

Ананченко М.Н., Чуян Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: mermaid.ka@mail.ru*

Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) выявлены изменения показателей объемного кровотока у условно здоровых девушек-волонтеров в возрасте 18-23 лет с разными микроциркуляторными типами при воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ), или миллиметрового (мм) диапазона. Показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели объемного кровотока, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции у испытуемых с разными индивидуально-типологическими особенностями микроциркуляторных процессов. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей объемного кровотока у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому, что свидетельствует о его гомеостатическом действии.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, микроциркуляция крови, метод лазерной доплеровской флоуметрии, показатели объемного кровотока, нормо-, гипо-, гиперемический типы микроциркуляции.

ВВЕДЕНИЕ

Состояние кровотока в капиллярах и близлежащих кровеносных сосудах представляет огромный интерес, так как является определяющим при оценке трофического обеспечения тканей и органов, а также резервов поддержания гомеостаза организма человека. Микроциркуляция крови представляет собой совокупность мельчайших каналов сосудистой системы: артериол, капилляров, венул, а также артерио-венозных анастомозов (АВА). Необходимость существования разнообразия паттернов микрососудистых русел обусловлена спецификой функций обслуживаемых ими тканей и их метаболической активностью [1]. Ключевым обменным звеном микрогемодикуляторного русла являются капилляры, в связи, с чем количественная оценка именно капиллярной гемодинамики принципиально важна как в научном, так и в практическом отношении.

Ранее в проводимых исследованиях с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) нами было показано изменение показателей ЛДФ-метрии при воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ)

миллиметрового (мм) или крайневысокочастотного (КВЧ) диапазона у испытуемых с разными типами микрогемодинамики [2]. Основой метода ЛДФ, как и большинства биофизических методов исследования процессов микрогемодинамики, служит измерение показателя перфузии, основными недостатками которого является нетождественность его с объемным кровотоком, а также возможность характеризовать общую микрососудистую перфузию, а не только ее трансапиллярный компонент, что ограничивает использование данных методов и затрудняет трактовку полученных результатов в клинко-физиологических исследованиях [3-5]. Однако на основе стандартной ЛДФ-метрии возможно исследование показателей объемного кровотока, позволяющих определить общий объемный кровоток, а также отражающих истинные изменения нутритивного и шунтового компонентов, что представляет интерес не только в теоретическом плане для понимания механизмов организации тканевого обмена, но и в практическом отношении для раскрытия индивидуальных особенностей различных изменений кровообращения [3]. Вместе с тем, изменение показателей объемного кровотока крови у лиц с разными микроциркуляторными типами при воздействии низкоинтенсивного мм излучения не изучены.

В связи с этим, целью данной работы явилось выявление изменений показателей объемного кровотока у лиц с разными микроциркуляторными типами при воздействии низкоинтенсивного мм излучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 49 студентов-волонтеров женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, в межменструальном периоде. ЛДФ осуществляли лазерным анализатором кровотока «ЛАКК-02» (производство НПП «Лазма», Россия) с источником лазерного излучения, работающим на длине волны 0,8 мкм. Испытуемые во время исследования находились в положении сидя. Головка оптического зонда фиксировалась на вентральной поверхности второго пальца правой руки. Определялись следующие показатели ЛДФ-граммы: параметр микроциркуляции (ПМ), среднее квадратическое отклонение (СКО), с помощью вейвлет-преобразования ЛДФ-грамм – амплитуды эндотелиальных (Аэ, 0,0095-0,02 Гц), нейрогенных (Ан, 0,02-0,046 Гц), миогенных (Ам, 0,07-0,15 Гц), дыхательных (Ад, 0,15-0,4 Гц) и пульсовых (Ас, 0,8-1,6 Гц) колебаний, нейрогенный (НТ) и миогенный (МТ) тонусы микрососудов, значения которых обратно пропорциональны амплитудам осцилляций соответственного диапазона [5, 6]. Методика определения этих показателей подробно описана в наших предыдущих статьях [2, 7].

По данным ЛДФ-метрии определяли индивидуально-типологические отличия показателей микроциркуляции, отражающие вегетативный статус испытуемых, на основе которого было выделено три типа ЛДФ-грамм: аperiодический (36,8% испытуемых), монотонный с низкой (31,6% испытуемых) и высокой перфузией (31,6% испытуемых), соответствующие нормо-, гипо-, гиперемическому микрогемодинамическим типам [7], что позволило разделить испытуемых на три группы.

Каждая из трех групп была разделена на контрольную и экспериментальную. Испытуемые экспериментальной группы подвергались действию

низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной – ложному воздействию данного физического фактора (плацебо). Экспериментальное воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось на протяжении 10 дней, ежедневно в утреннее время суток на 7-миканальном аппарате «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» ($\lambda=7,1$ мм, частота излучения – 42,4 ГГц, плотность потока мощности – $0,1$ мВт/см², частота модуляции – 8 Гц; производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине) в течение 30-ти минут на симметричные биологически активные точки E-36, RP-6, G-14 и несимметричную GI-15. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм [8].

ЛДФ-исследование повторяли на 3, 5, 7, 10-е сутки эксперимента сразу после КВЧ-воздействия.

У испытуемых выделенных групп измерялось артериальное давление по методу Короткова. Среднее артериальное давление (P_{cp} , мм рт.ст.) рассчитывалось по формуле [4]:

$$P_{cp} = Pd + 1/3(Ps - Pd), \quad (1)$$

где Pd – диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.); Ps – систолическое артериальное давление (мм рт.ст.).

На основании показателей ЛДФ-метрии оценивались следующие показатели объемного кровотока: общий объемный кровоток (ООК, перф.ед./мм рт.ст.), объемный нутритивный кровоток (ОНК, перф.ед./мм рт.ст), объемный шунтовой кровоток (ОШК, перф.ед./мм рт.ст.) [4]:

$$ООК = (PM * An * Ac) / (P_{cp} * СКО), \quad (2)$$

$$ОНК = ООК / ПШ, \quad (3)$$

$$ОШК = ООК - ОНК \quad (4)$$

Показатель шунтирования (ПШ, усл. ед.), отражающий относительную долю шунтового кровотока (как истинного по АВА, так и функционального) в общей локальной микрогемодинамике вычислялся по формуле [4, 5]:

$$ПШ = An / Am = MT / NT \quad (5)$$

Оценка достоверности межгрупповых различий полученных данных проводилась с помощью критерия парных сравнений U-теста Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test) [9]. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, для испытуемых с разными типами микроциркуляции характерны определенные индивидуально-типологические отличия показателей объемного кровотока. У испытуемых с аperiodическим типом ЛДФ-граммы (нормоемическим типом микроциркуляции) [7], показатели объемного микрокровотока характеризовались относительно невысокими значениями. Так, значение ООК составило $1,73 \pm 0,06$ перф.ед./мм рт.ст., ОНК – $1,17 \pm 0,11$ перф.ед./мм рт.ст. ПШ и ОШК составили $0,56 \pm 0,13$ усл. ед. и $1,45 \pm 0,10$, перф.ед./мм рт.ст. соответственно (рис. 1-А).

У испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией, соответствующим, как было показано ранее, гипоемическому гемодинамическому типу [7], значения ООК, ОНК и ОШК составили $1,34 \pm 0,11$, $0,97 \pm 0,15$, $0,36 \pm 0,06$ перф.ед./мм рт.ст. и оказались ниже таковых у испытуемых с нормоемическим типом на 22,9% ($p \leq 0,05$), 16,58% ($p \leq 0,05$), 19,23% ($p \leq 0,05$) соответственно (рис. 1-А), причиной чего, вероятно, является слабый приток крови в микроциркуляторное русло, обусловленный спазмом приносящих сосудов. Значение ПШ у испытуемых данной группы в среднем составило $1,38 \pm 0,04$ усл. ед. и достоверно от такового у испытуемых первой группы не отличалось.

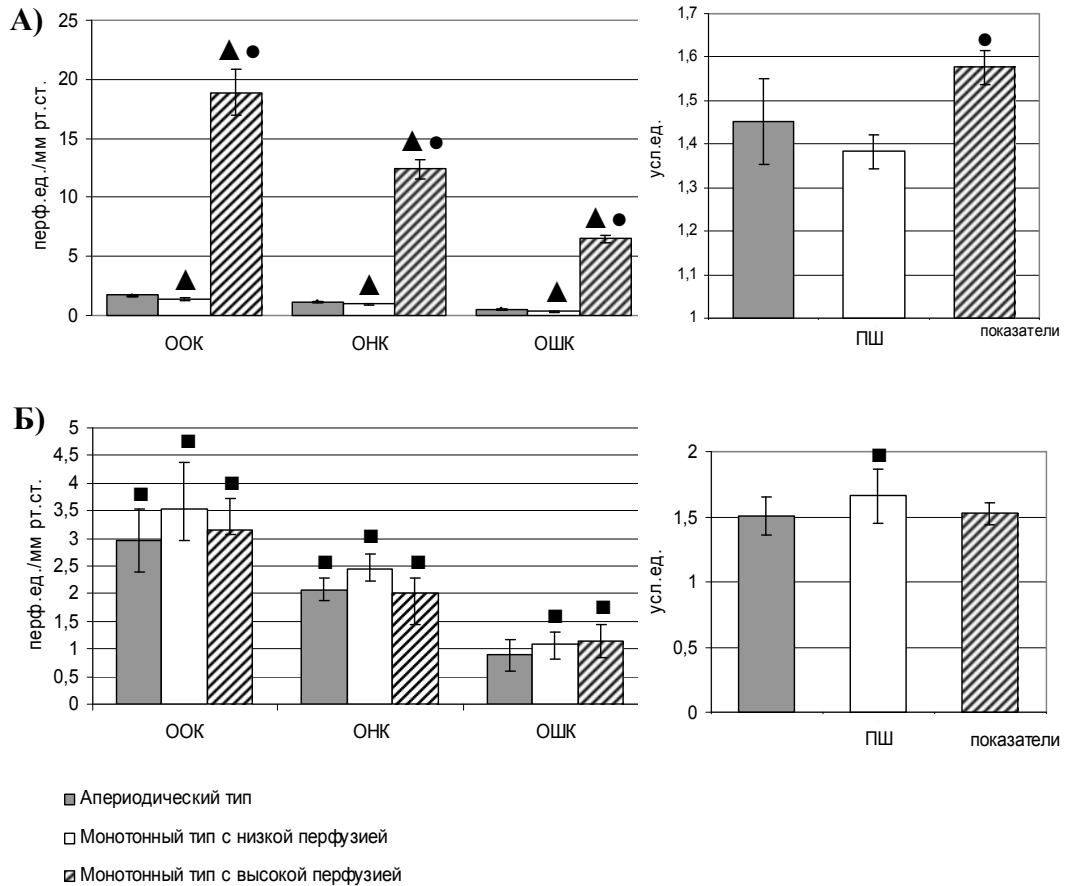


Рис. 1. Показатели объемного кровотока (перф.ед./мм рт.ст.) и показатель шунтирования (усл. ед.) у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм до (А) и после (Б) курсового воздействия ЭМИ КВЧ.

Примечание: ▲ - достоверность отличий относительно значений показателей объемного кровотока у испытуемых с апериодическим типом ЛДФ-грамм; ● - достоверность отличий относительно значений показателей объемного кровотока у испытуемых с монотонным типом и низкой перфузией; ■ - достоверность отличий относительно значений, зарегистрированных у испытуемых до воздействия ЭМИ КВЧ.

У испытуемых с монотонный типом ЛДФ-граммы и высокой перфузией, который соответствует гиперемическому типу микроциркуляции [7], значения показателей объемного кровотока оказались относительно высокими. Так, ООК, ОНК и ОШК составили $18,90 \pm 1,94$, $12,40 \pm 0,84$, $6,50 \pm 0,29$ перф.ед./мм рт.ст., что превышает таковые как у испытуемых с нормоемическим в $10,9$ ($p \leq 0,01$), $10,6$ ($p \leq 0,01$), $11,6$ ($p \leq 0,01$) раз соответственно, так и с гипоемическим гемодинамическими типами в $14,1$ ($p \leq 0,01$), $12,8$ ($p \leq 0,01$), $18,1$ ($p \leq 0,01$) раз. Значение ПШ составило $1,57 \pm 0,12$ усл. ед., что на $13,25\%$ ($p \leq 0,05$) выше такового у испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции (рис. 1-А).

Как известно, интенсивность метаболизма, сопряжённая с активацией регионарного кровотока, не является постоянной величиной, так как потребности тканей и органов в кислороде и питательных веществах постоянно изменяются, что требует регуляции поступления и оттока крови [10, 11]. ООК отражает общий поток крови в микрососудистом русле, а, соответственно, включает нутритивный и шунтовой компоненты [4]. Величина ОНК прямо коррелирует с капилляроскопическими параметрами – объемной скоростью веноулярного отдела капилляров и средней объемной скоростью капиллярной петли в целом [12], а, следовательно, отражает объемную скорость кровотока именно в нутритивных микрососудах. ОШК и ПШ отражают шунтовой кровотока по АВА [4]. К шунтирующим сосудам принадлежат АВА, представляющие собой прямые сообщения между артериолами и венами и осуществляющие ненутритивный кровотока. Анастомозы позволяют крови перераспределяться между отдельными частями органа, в то же время они являются путями коллатерального притока крови в микроциркуляторную систему в случаях выключения каких-либо артериальных ветвей. В большинстве случаев при патологических изменениях микроциркуляции АВА играют роль тонких регуляторов капиллярного кровообращения: расширяясь при артериальной гиперемии, они разгружают капилляры от избытка крови; закрываясь при ишемии, способствуют усилению притока крови в капилляры [5, 10]. Следовательно, АВА играют особую роль в периферической гемодинамике, создавая пути движения крови в обход основной массы капилляров и, в то же время, условия для параллельного включения основной массы капилляров в периферический кровотока. Это имеет важное приспособительное значение не только для интенсификации тканевого кровотока в метаболически активных зонах, но и для его сохранности при тех или иных нарушениях [3].

Таким образом, у испытуемых с аperiodическим типом ЛДФ-граммы (нормоемическим гемодинамическим типом), для которых характерна высокая сбалансированность активных и пассивных составляющих регуляторных механизмов микроциркуляции, обеспечивающая полноценный артериальный приток и своевременный венозный отток крови [7], показатели объемного кровотока характеризовались невысокими значениями, которые свидетельствуют об умеренном, однако полноценном притоке крови, величина которого оптимальна для нормального функционирования системы микроциркуляции. У испытуемых с гипо- и гиперемическим гемодинамическими типами наблюдались значительные различия в значениях показателей объемного кровотока, что, вероятно, связано с их

особенностями в системе регуляции микроциркуляторных процессов. Так, у испытуемых с монотонным типом и низкой перфузией, характеризующимся меньшей по сравнению с нормоемическим типом сбалансированностью активных и пассивных составляющих механизмов регуляции микроциркуляции, отражающейся в доминировании влияний со стороны симпатической нервной системы [7], значения были относительно низкими и отражали слабую кровенаполняемость микрососудов, обусловленную некоторым спазмом, возникшим в результате повышенного нейрогенного и миогенного тонуса. У испытуемых с монотонным типом и высокой перфузией, напротив, значения превышали таковые у испытуемых предыдущих групп, указывая, не только на чрезмерный приток артериальной крови, но и затрудненный венозный отток, возникший в результате пониженного вазомоторного тонуса.

Следовательно, достоверные межгрупповые различия, выявленные в результате исследования показателей объемного кровотока, подтверждают ранее полученные результаты об индивидуально-типологических особенностях процессов тканевой гемодинамики испытуемых [7].

В результате 10-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ произошли достоверные изменения показателей объемного кровотока, однако степень их изменения зависела от индивидуально-типологических особенностей испытуемых. Так, наименее выраженные изменения были выявлены у испытуемых, имеющих наиболее сбалансированный нормоемический тип микроциркуляции, а максимально выраженные, хотя и разнонаправленные – у испытуемых с исходно выраженными отклонениями в системе регуляции кровотока (с гипо- и гиперемическим типами микроциркуляции) (рис. 1-Б, 2, 3, 4).

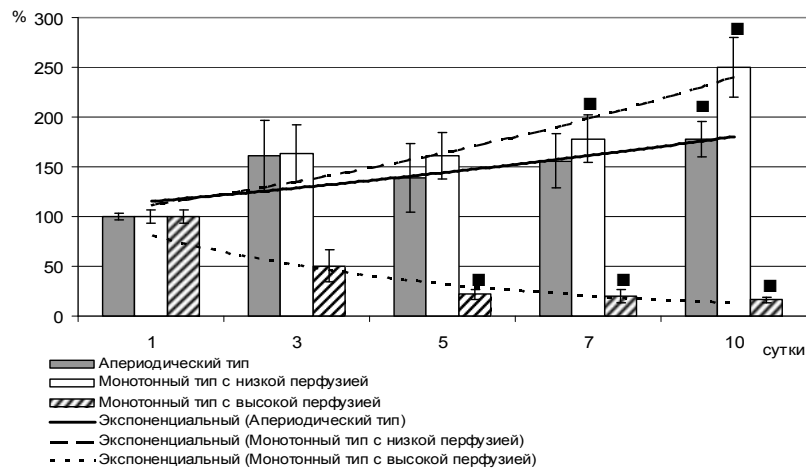


Рис. 2. Динамика объемного nutritивного кровотока у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечание: ■ – достоверность по отношению к контрольным значениям ($p \leq 0,05$).

На 10-е сутки КВЧ-воздействия у испытуемых с аperiодическим типом ЛДФ-граммы (нормоемическим типом микроциркуляции) происходило увеличение ОНК на 77,7% ($p \leq 0,05$) по сравнению со значениями в контрольной группе (рис. 2). У испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией (гипоемическим типом микроциркуляции) также наблюдалось достоверное увеличение ОНК, однако, выраженное в большей степени и проявившееся в более ранние сроки уже после 7-микратного КВЧ-воздействия на 113,6% ($p \leq 0,05$) по сравнению с таковым в контрольной группе (рис. 2). Так как ОНК отражает кровоток в капиллярах, то величина его в большей степени определяется миогенной активностью прекапиллярных сфинктеров, которые являются последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом [4]. Следовательно, причиной повышения нутритивного кровотока, вероятно, явилось снижение МТ, которое наблюдалось у испытуемых обеих групп в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ [2]. Снижение МТ сопровождается уменьшением периферического сопротивления и вазодилатацией в области прекапиллярных сфинктеров, в результате чего происходит увеличение функциональной активности и открытие латентных капилляров [6, 13]. Возрастание количества функционирующих капилляров и увеличение их диаметра (за счет адекватного кровенаполнения) обуславливает благоприятное повышение притока крови в микроциркуляторное русло [14, 15], что, по-видимому, и происходило у испытуемых с нормо- и гипоемическими типами микроциркуляции в результате курсового действия ЭМИ КВЧ.

У испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и высокой перфузией (гиперемическим гемодинамическим типом), в отличие от первых двух типов, наблюдалось снижение ОНК на 80% относительно контрольных значений ($p \leq 0,05$), которое было достоверным, начиная с 5-х суток исследования (рис. 2). Снижение значений данного показателя под влиянием КВЧ-терапии у испытуемых этой группы, по-видимому, связано с повышением МТ, зарегистрированным в наших предыдущих исследованиях [2], что свидетельствует о закрытии прекапиллярных сфинктеров и, как следствие, уменьшении притока крови в нутритивное русло [16, 17].

В результате курсового воздействия мм излучения у испытуемых с нормоемическим микрогемодинамическим типом ПШ и ОШК достоверно не изменялись ($p \geq 0,05$). У испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции происходило увеличение ПШ на 19,2% ($p \leq 0,05$) и ОШК на 238% ($p \leq 0,05$) по сравнению с таковыми в контрольной группе (см. рис. 1-Б, 3), которое наблюдалось уже с 5-х суток эксперимента.

Как известно, ведущим в регуляции кровотока по АВА является нейросинаптический адренергический механизм [5]. Следовательно, причиной повышения шунтового кровотока, вероятно, является снижение нейрогенного тонуса микрососудов, наблюдаемое при воздействии ЭМИ КВЧ [2]. Снижение НТ свидетельствует об уменьшении активности симпатической нервной системы на микрососуды, в результате чего происходит увеличение вазодилатации на путях притока крови в систему микроциркуляции [13].

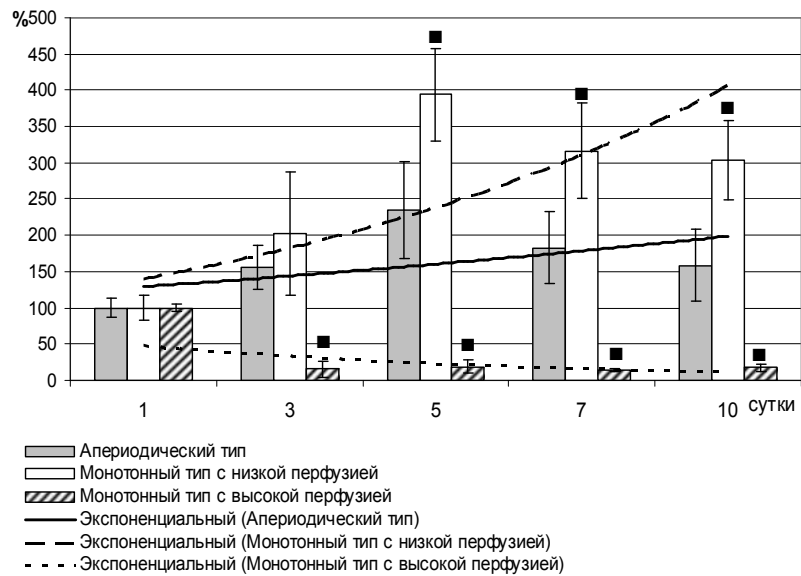


Рис. 3. Динамика объемного шунтового кровотока у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечание: обозначения те же, что и на Рис. 1.

У испытуемых с гиперемическим типом микроциркуляции, напротив, происходило достоверное снижение ОШК на 83,7% относительно контрольных значений ($p \leq 0,05$) уже после 3-го КВЧ-воздействия (рис. 3), что, по-видимому, обусловлено повышением нейрогенных влияний со стороны симпатической адренергической системы, способствующих увеличению вазоконстрикции артериол, а, следовательно, уменьшению притока в микроциркуляторное русло [5].

У испытуемых с нормоемическим типом микроциркуляции после 10-тикратного КВЧ-воздействия отмечалось повышение ООК на 71% по сравнению со значениями в контрольной группе ($p \leq 0,05$) (рис. 4). У испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции также происходил рост ООК, однако в большей степени на 111% относительно таковых в контрольной группе ($p \leq 0,05$) и в более ранние сроки наблюдения (на 5-е сутки КВЧ-воздействия) (рис. 4).

Как известно, ООК контролируется нейросинаптическими механизмами регуляции сокращения миоцитов артериол, а также является суммарной величиной ОНК и ОШК [4]. Следовательно, увеличение ООК у испытуемых первой и второй групп является следствием снижения нейрогенного и миогенного тонусов микрососудов в результате мм терапии, обусловивших повышение ОНК и ОШК. У испытуемых с гиперемическим типом микроциркуляции уменьшение ОНК и ОШК в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ привело к снижению ООК на 76,6% относительно контрольных значений ($p \leq 0,05$), которое проявилось уже после 3-го сеанса мм терапии (рис. 4).

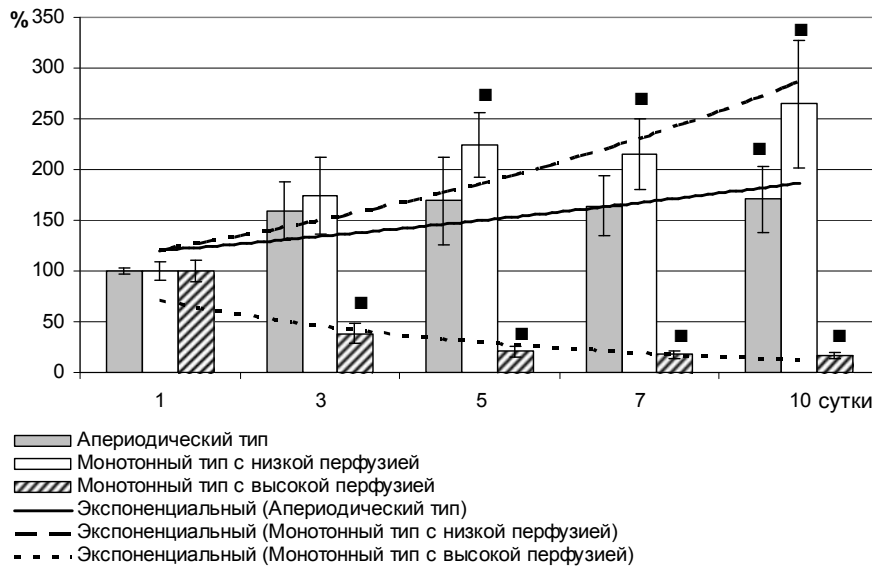


Рис. 4. Динамика общего объемного кровотока у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечание: обозначения те же, что и на Рис.1.

Таким образом, в результате мм терапии у испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции, благодаря снижению вазомоторного тонуса микрососудов и усилению притока крови в микроциркуляторное русло, произошло увеличение изначально сниженного нутритивного, шунтового и, как следствие, общего кровотока. У испытуемых с гиперемическим типом микроциркуляции курсовое воздействие ЭМИ КВЧ, напротив, привело к повышению нейрогенного и миогенного тонусов, что повлекло снижение исходно повышенного нутритивного, шунтового, а, соответственно, и общего кровотока. Такие разнонаправленные изменения, возникшие в результате КВЧ-терапии, привели к отсутствию статистически значимых межгрупповых различий (рис. 1-Б). Следовательно, под влиянием ЭМИ КВЧ произошла эффективная модуляция показателей объемного кровотока, проявившаяся в приближении значений показателей у испытуемых с гипо- и гиперемическим типами микроциркуляции к функциональному состоянию испытуемых с нормоемическим типом микроциркуляции, как наиболее сбалансированному, что согласуется с нашими предыдущими исследованиями [2].

Таким образом, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели объемного кровотока, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции у испытуемых с

разными индивидуально-типологическими особенностями микроциркуляторных процессов.

ВЫВОДЫ

1. Для испытуемых с разными микроциркуляторными типами характерны определенные различия в параметрах объемного кровотока: у испытуемых с гипоемическим типом наблюдались достоверно меньшие значения общего объемного, нутритивного и шунтового кровотока на 22,9%, 16,58%, 19,23% ($p \leq 0,05$) по сравнению с таковыми у испытуемых с нормоемическим типом; у испытуемых с гиперемическим типом – достоверно большие значения общего объемного, нутритивного, шунтового кровотока в 10,9, 10,6, 11,6 ($p \leq 0,01$) раз по сравнению с таковыми у испытуемых с нормоемическим типом.
2. В результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ наименее выраженные изменения показателей объемного кровотока выявлены у испытуемых, имеющих аperiodический тип ЛДФ-граммы (нормоемический тип микроциркуляции), проявившиеся в увеличении общего объемного кровотока на 71% ($p \leq 0,05$) и его нутритивного компонента на 77,7% ($p \leq 0,05$) относительно таковых у испытуемых контрольной группы.
3. У испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией (гипоемическим типом микроциркуляции) происходило увеличение общего объемного кровотока на 111% ($p \leq 0,05$), его нутритивного и шунтового компонентов на 113,6% ($p \leq 0,05$) и 238% ($p \leq 0,05$) соответственно, а также показателя шунтирования на 19,2% ($p \leq 0,05$) относительно таковых у испытуемых контрольной группы.
4. У испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и высокой перфузией (гиперемическим типом микроциркуляции) происходило снижение общего объемного кровотока на 76,6% ($p \leq 0,05$), его нутритивного и шунтового компонентов на 80% ($p \leq 0,05$) и 83,7% ($p \leq 0,05$) соответственно относительно таковых у испытуемых контрольной группы.
5. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ привело к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей объемного микрокровотока у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому, что свидетельствует о его гомеостатическом действии.

Список литературы

1. Поленов С.А. Основы микроциркуляции / С.А. Поленов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т. 7, №1 (25). – С. 5–19.
2. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологические особенности процессов микроциркуляции: влияние низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, М.Н. Ананченко // Учёные записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), № 4. – С. 236–254.
3. Козлов В.И. Система микроциркуляции крови: клинко-морфологические аспекты изучения / В.И. Козлов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – №1(17) – С. 84–101.

4. Крупаткин А.И. Оценка объемных параметров общего, нутритивного и шунтового кровотока микрососудистого русла кожи с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / А.И. Крупаткин // Физиология человека. – 2005. – Том 31, №1. – С. 114–119.
5. Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров // М.: Медицина, 2005. – 254 с.
6. Маколкин В.И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии / Маколкин В.И., Бранько В.В., Богданова Э.А. // Пособие для врачей. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.
7. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологический подход к исследованию процессов микроциркуляции крови / Е.Н. Чуян, М.Н. Ананченко // Учёные записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №3. – С. 166–180.
8. Мачерет Е.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк // Киев: Вища шк., 1982. – 302 с.
9. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков // Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
10. Мchedlishvili Г.И. Микроциркуляция крови: Общие закономерности регулирования и нарушений / Г.И. Мchedlishvili // Л.: Наука, 1989. – 296 с.
11. Селезнев С.А. Клинические аспекты микрогемодиализации / Селезнев С.А., Назаренко Г.И., Зайцев В.С. // Л.: Медицина, 1986. – 207 с.
12. Крупаткин А.И. Динамический колебательный контур регуляции капиллярной гемодинамики / А.И. Крупаткин // Физиология человека. – 2007. – Т.3, №5. – С. 93–101.
13. High-intensity static magnetic fields modulate skin microcirculation and temperature in vivo / S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2000. – №21(3). – P. 183–188.
14. Силантьева Е.С. Лечение хронического воспаления придатков матки (гемодинамические аспекты КВЧ-терапии): диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: 14.00.01 / Силантьева Елена Суликовна. – Москва, 2000 г. – 128 с.
15. Фаткуллин И.Ф. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке динамики микроциркуляции при отеках беременных / И.Ф. Фаткуллин, Р.И. Габидуллина, Л.В. Орлов // Казанский медицинский журнал. – 2002. – Т. 83, №4. – С. 289–293.
16. Pressure and risk of preeclampsia: a prospective study / R. Thadhani, J.L. Ecker, E. Kettyle [et al.] // Obstet. Gynecol. – 2001. – Vol. 97, №4. – P. 515–520.
17. Шифман Е.М. Преэклампсия, эклампсия, HELLP-синдром / Е.М. Шифман // Петрозаводск: Издательство «ИнтелТек», 2002. – 432 с.

Ананченко М.М. Показники об'ємного кровотоку у випробовуваних з різними мікроциркуляторними типами в умовах дії низькоінтенсивного міліметрового випромінювання / М.М. Ананченко, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 13-24.

Методом лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ) виявлені зміни показників об'ємного кровотоку у умовно здорових дівчат-волонтерів у віці 18-23 років з різними мікроциркуляторними типами при дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання край високої частоти (ЕМВ КВЧ), або міліметрового (мм) діапазону. Показано, що низькоінтенсивне ЕМВ КВЧ надає ефективний коригуючий диференційований вплив на показники об'ємного кровотоку, викликаючи компенсаторно-приспосовні реакції у випробовуваних з різними індивідуально-типологічними особливостями мікроциркуляторних процесів. Курсова дія ЕМВ КВЧ привела до нівеляції міжгрупових відмінностей і наближення значень показників об'ємного кровотоку у випробовуваних з гіпо- і гіперемічними типами до найбільш збалансованого у функціональному відношенні нормоемічного, що свідчить про його гомеостатичну дію.

Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, мікроциркуляція крові, метод лазерної доплерівської флоуметрії, показники об'ємного кровотоку, нормо-, гіпо-, гіперемічний типи мікроциркуляції.

Ananchenko M.N. Indicators of the volume blood-groove at examinees with different microblood types in the conditions of influence lowintensity of millimetric radiation / M.N. Ananchenko, E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol.23 (62), No 3. – P. 13-24.

It has been revealed changes of indicators of a volume blood-groove at examinees with different microblood types in the conditions of influence lowintensity of millimetric radiation at conditionally healthy girls-volunteers in the age of 18-23 years by metod laser Doppler flowmetry (LDF). It is shown that of lowintensity of electromagnetic radiation of extremely high-frequency renders effective correcting the differentiated influence on indicators of the volume blood-groove, causing indemnification-adaptive reactions. Course influence of electromagnetic radiation of extremely high-frequency leads to levelling of intergroup distinctions and approach of values of indicators of the volume blood-groove at examinees with hypoemical and hyperemic microcirculation types to the most balanced in the functional relation normoemical that testifies about it homeostatic action.

Keywords: of lowintensity electromagnetic radiation of the millimetric range, microblood circulation, a method laser Doppler flowmetry, indicators of the volume blood-groove, hypoemical, hyperemic, normoemical microcirculation types.

Поступила в редакцию 12.11.2010 г.

УДК 579. 62 + 599.537:616.2

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ОБЩЕГО СОСТАВА И ОТДЕЛЬНЫХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОБНЫХ ЦЕНОЗОВ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ
ПУТЕЙ ДЕЛЬФИНОВ АФАЛИН (*TURSIOPS TRUNCATUS*),
СОДЕРЖАЩИХСЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ**

Андреева Н.А.

*НИИ “Государственный Океанариум”, Севастополь, Украина
E-mail: nataliy-andreev@yandex.ru*

Приведены результаты исследования многолетней динамики состава микробных ценозов верхних дыхательных путей дельфинов, обитающих в Океанариуме. Выявлено изменение состава и доминирующих форм микроорганизмов в течение 9 лет. Определен видовой и количественный состав микробных ассоциаций, наиболее часто встречающихся в респираторном тракте дельфинов исследуемой популяции. Высказывается предположение о периодичности появления и исчезновения отдельных представителей в респираторной микрофлоре адаптированных животных. Рассмотрены значение и встречаемость в микрофлоре респираторного тракта дельфинов представителей родов *Staphylococcus* и *Proteus*.

Ключевые слова: микробные ценозы, многолетняя динамика, верхние дыхательные пути, дельфин афалина.

ВВЕДЕНИЕ

Микрофлора макроорганизма и среды его обитания представляет собой единую экологическую систему, характеристики которой могут меняться в зависимости от многих условий. Микробные ценозы формируются в течение всей жизни особи и являются относительно устойчивыми по видовому составу. Многие виды микробов не приживаются в организме надолго, так как не находят нужных для них условий питания, или встречаются с защитными системами макроорганизма и антагонистическим действием микробов других видов. При наличии динамического равновесия в экологической системе "макроорганизм–микроорганизмы" формируется аутофлора различных систем органов.

Установлено, что у дельфинов, как и у других животных, бактериальные ассоциации обладают приоритетной тропностью к респираторному тракту. Поэтому бактериальный статус дыхательных путей животных, связанный с экологическими факторами среды обитания, может являться одним из показателей их здоровья. В носовых ходах и носоглотке большинства животных обнаруживаются коринеформные бактерии, стафилококки (*S.epidermidis*), нейсерии, гемофильные бактерии, стрептококки, стафилококки, энтеробактерии, грибы, лактобактерии, псевдомонады и др. [1]. В составе микрофлоры дельфинов обычно встречаются те

же микроорганизмы, что и в окружающей среде. Однако, такие виды бактерий, как *Staphylococcus epidermidis*, *S.aureus* и *Proteus mirabilis*, являющиеся обычными представителями микробных ценозов дыхательного тракта дельфинов, в воде практически отсутствуют.

Как свидетельствуют литературные данные [2, 3], уровень микробного обсеменения и таксономическое разнообразие микрофлоры верхних дыхательных путей диких дельфинов невелики по сравнению с наземными млекопитающими и человеком. У 20 недавно отловленных дельфинов в микрофлоре, ассоциированной с дыхалом, наиболее встречаемым микроорганизмом был коагулазоположительный *Staphylococcus* (60%), кроме того встречались: α – *Streptococcus* (2,5%), *Pseudomonas aeruginosa* (5%), *Pseudomonas putrifaciens* (5%), *Corynebacteria* (2,5%) и *Candida sp.* (47%). Было также показано [2], что состав микрофлоры дельфинов находится в прямой зависимости от сезона года. По предположению авторов, это может быть обусловлено годичными циклами микрофлоры окружающей среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований являлась микрофлора верхних дыхательных путей дельфинов-афалин (*Tursiops truncatus*), обитающих в условиях Океанариума.

Посев проб выдыхаемого воздуха производился на твердые питательные среды: мясопептонный агар (МПА), желточно-солевой агар (среда Чистовича), кровяной агар и среду Плоскирева в трехкратной повторности.

При отборе проб дыхало фиксированного над водой животного после первых трех дыхательных актов (удалялась влага) обтирали стерильным ватным тампоном; на расстоянии 10 см от дыхала, перпендикулярно направлению струи воздуха размещали чашку Петри с соответствующей средой; после улавливания одного выдоха чашку закрывали. В качестве контроля открывали чашку со средой, но не подносили ее к дыхалу.

Посевы инкубировали при 37°C 24 часа, затем производили первичный учет результатов. На МПА определяли общее микробное число. Из каждого вида колоний делали мазки, окрашивали по Граму, микроскопировали, а также выделяли новые штаммы в культуру для более детальных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение девяти лет с 1997 по 2007 год в Севастопольском океанариуме проводились исследования микрофлоры верхних дыхательных путей дельфинов, содержащихся в прибрежных вольерах. Определение состава микрофлоры обычно было приурочено к проведению весенней (апрель – май) или осенней (октябрь) диспансеризаций, кроме того исследования проводилось по ветеринарным показаниям в течение всего года. У исследованных особей нами не выявлено сезонных колебаний состава респираторной микрофлоры. Возможно, этот факт имеет место у диких животных, обитающих в естественных условиях. В полуискусственных экосистемах, каковыми являются прибрежные вольеры, на

микрофлору дельфина (в том числе и респираторную) могут влиять дополнительные факторы, изменяющие первоначальную картину.

Помимо сезонных колебаний микрофлора окружающей среды и животных может претерпевать значительные изменения в течение более длительного времени.

За период исследования в респираторной микрофлоре популяции дельфинов, обитающих в Севастопольском океанариуме, выявлено 14 систематических единиц микроорганизмов. Обычными были представители рода *Pseudomonas*, 2 вида стафилококков (*Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*), а также микроорганизмы из семейства *Enterobacteriaceae* (*Proteus mirabilis* и *Escherichia coli*). Кроме того, часто обнаруживались *Streptococcus*, коринеформные бактерии, актиномицеты, дрожжи и неидентифицированные Гр⁻ палочки. Отдельные представители микроорганизмов, населяющих верхние дыхательные пути дельфинов представлены на Рис. 1.

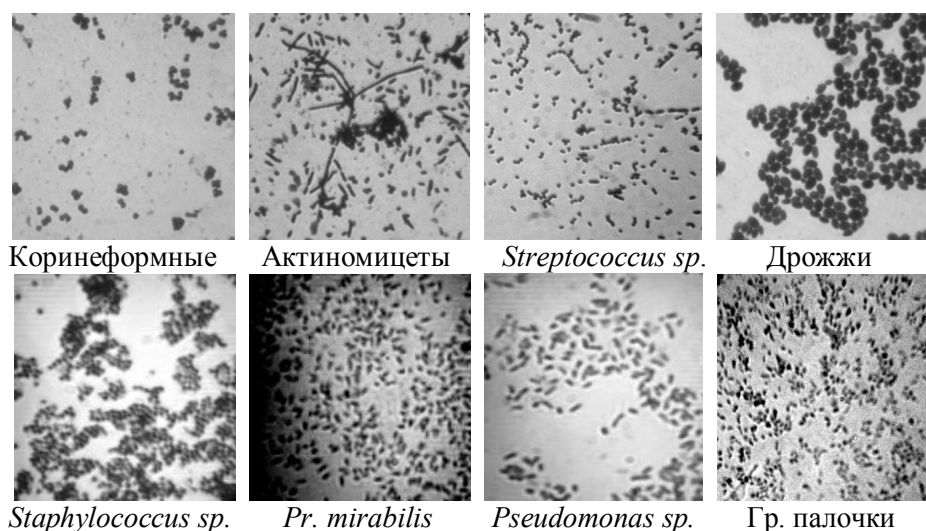


Рис.1. Представители микрофлоры респираторного тракта дельфинов, обитающих в океанариуме.

Встречаемость тех или иных групп микроорганизмов в популяции дельфинов представлена в Табл. 1.

Как видно из Таблицы, за весь период исследования наиболее часто в респираторном тракте дельфинов встречались стафилококки (39,5%), а также *Pseudomonas* sp. (38,5%), реже всего обнаруживались *Streptococcus* sp. и актиномицеты (3,7% и 8,7% соответственно). Колебание по годам у *Staphylococcus* sp. составляло от 0 до 81,8%, а у *Pseudomonas* sp. – 0–68,0%. Стафилококки не выявлялись в составе микробных ассоциаций респираторного тракта дельфинов с 2001 по 2004 год. Встречаемость *Proteus* в 1997–2006 гг. составляла от 4,0 до 40,0%, но в 2007 году этот микроорганизм не был зарегистрирован в микрофлоре верхних дыхательных путей дельфинов. Стрептококки обнаруживались в 2000 году и в 2005–2007 годах, актиномицеты – в 2002 г., а также в 2005–2007 гг.

Средняя встречаемость различных микроорганизмов в респираторной микрофлоре дельфинов за весь период исследования представлена на Рис. 2. Было показано [4], что микрофлора дельфинов изменяется в зависимости от срока их адаптации к неволе. Как оказалось, в течение первого и второго месяца адаптации афалин преобладающими видами микроорганизмов верхних дыхательных путей являлись грамположительные кокки, а через 3–4 месяца превалировали бактерии семейства *Enterobacteriaceae* и *Pseudomonas aeruginosa*. У дельфинов, обитающих в океанариуме, по прошествии периода адаптации формируется определенный состав микрофлоры, который у здоровых животных является достаточно стабильным.

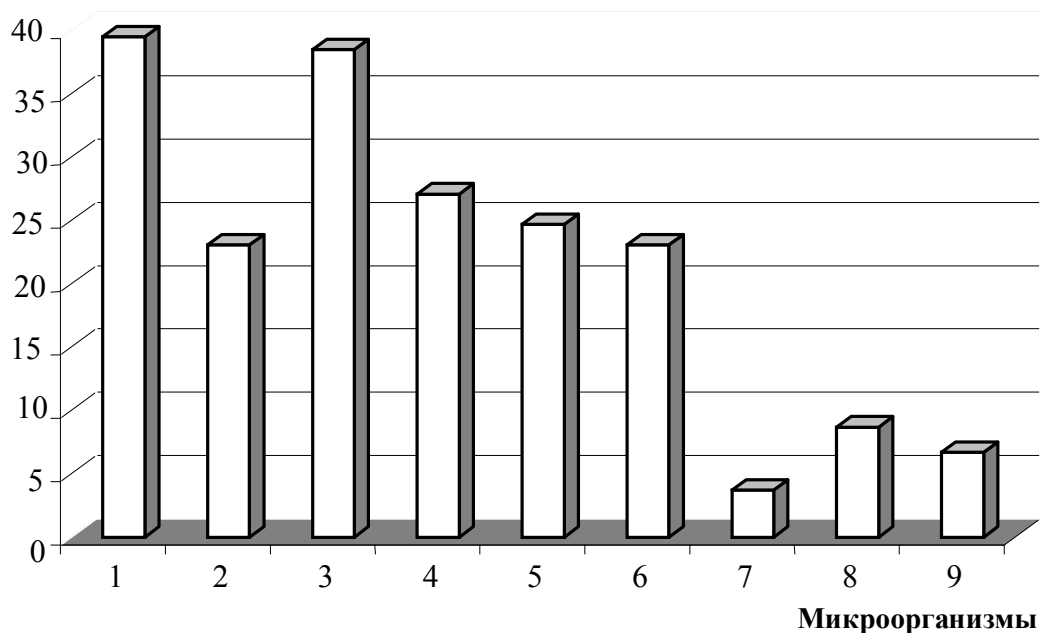
Таблица 1.
Встречаемость различных групп микроорганизмов в микрофлоре верхних дыхательных путей популяции дельфинов, обитающих в прибрежных вольерах

Вид микроорганизма	Встречаемость по годам, %											Встречаемость %
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
<i>Staphylococcus</i>	66,7	76,0	74,0	52,0	0	0	0	0	28,1	81,8	15,8	39,5
<i>Pr.mirabilis</i>	16,7	4,0	16,3	26,0	38,7	40,0	33,3	37,5	12,5	9,1	0	23,1
<i>Pseudomonas sp.</i>	16,7	68,0	51,2	58,0	56,5	36,0	0	12,5	28,1	45,5	10,5	38,5
Коринеформные	33,3	0	0	2,0	22,6	24,0	66,7	50,0	68,8	63,3	78,9	27,1
Дрожжи	8,3	0	0	2,0	41,9	92,3	58,3	37,5	18,8	9,1	31,6	24,7
<i>Enterobacteriaceae</i>	0	60,0	34,9	26,0	16,1	4,0	8,3	37,5	18,8	9,1	52,6	23,1
<i>Streptococcus sp.</i>	0	0	0	10,0	0	0	0	0	6,3	9,1	15,8	3,7
Актиномицеты	0	0	0	0	0	12,0	0	0	37,5	9,1	52,6	8,7
Неидентифицированные	41,7	4,0	0	2,0	6,5	0	16,7	12,5	12,5	9,1	5,3	6,7
Выборка	12	25	43	50	62	25	12	8	32	11	19	299

По нашим данным процесс микробиологической адаптации у дельфинов занимает период от 3 (у адаптированных особей при изменении условий содержания) до 12 месяцев (у диких после отлова).

Как свидетельствуют рабочие материалы исследований, проводимых в Океанариуме 20–25 лет тому назад, из респираторного тракта адаптированных афалин было изолировано около 23 групп микроорганизмов, включающих, помимо обнаруженных нами видов, также споровые формы, микрококки, тетракокки, *Alcaligenes eutrophus*, несколько видов *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Photobacterium*, *Halobacterium*, энтерококки и др. Полученные нами данные показали, что за последнее десятилетие видовой состав микрофлоры респираторного тракта дельфинов, обитающих в Севастопольском океанариуме, сократился примерно в 1,5 раза.

Встречаемость, %



- 1 – *Staphylococcus sp.*; 2 – *Proteus mirabilis*;
 3 – *Pseudomonas sp.*; 4 – коринеформные;
 5 – дрожжи; 6 – сем. *Enterobacteriaceae*; 7 – *Streptococcus sp.*;
 8 – актиномицеты; 9 – неидентифицированные микроорганизмы

Рис.2. Встречаемость различных систематических групп микроорганизмов в микрофлоре верхних дыхательных путей дельфинов, обитающих в прибрежных вольерах (средние данные 1997–2007 гг).

В результате исследований выявлено, что микроорганизмы дыхательных путей дельфинов-афалин, обитающих в Океанариуме, как правило, встречаются в виде

ассоциаций, включающих 2-4 вида, но могут присутствовать и в монокультуре (рис. 3). Полученные нами данные показали, что самыми распространенными в течение ряда лет являлись микробные ассоциации, включающие 2 вида микроорганизмов.

В воде вольеров с дельфинами помимо характерной морской микрофлоры присутствует микрофлора, привнесенная обслуживающим персоналом, тренерами и посетителями, а также флора самих дельфинов, которая постоянно выделяется в воду.



Рис. 3. Встречаемость микробных ассоциаций различного состава в респираторном тракте популяции дельфинов-афалин, содержащихся в прибрежных вольерах. Средние данные за 1997-2005 г.

При неблагоприятных условиях существования животных, таких как голодание, стрессовые ситуации, физические перегрузки и, особенно, неблагоприятная экологическая обстановка среды обитания, могут произойти изменения в составе нормальной микрофлоры организма. В этих случаях загрязнение морской среды наряду с прочими негативными последствиями увеличивает вероятность учащения инфекционных заболеваний морских животных, иногда приобретающими характер эпизоотий [5]. Это особенно актуально, так как бактериальные заболевания (респираторного тракта в том числе) являются основной причиной гибели морских животных в условиях неволи [6].

Большое значение в патогенезе малых китообразных имеет *Staphylococcus aureus*. Этот микроорганизм наряду со *S. epidermidis* может входить в состав нормальной микрофлоры здорового животного. На основании проведенных идентификационных тестов нами был определен процент выявления двух видов стафилококков в микрофлоре верхних дыхательных путей дельфинов, обитающих в океанариуме в течение 1997–2005 годов. Результаты представлены на Рис.4

Как показывают наши данные, наибольший процент встречаемости стафилококков в микрофлоре верхних дыхательных путей дельфинов был зарегистрирован в 1997 году. В дальнейшем стафилококки обнаруживались все реже (в 2001 году всего 14,6%), а в течение последующих трех лет (с 2002 по 2004 гг.) они полностью отсутствовали в микрофлоре. Вновь эти микроорганизмы появились в микрофлоре респираторного тракта животных лишь в 2005 году (встречаемость 22,2%).

Встречаемость, %

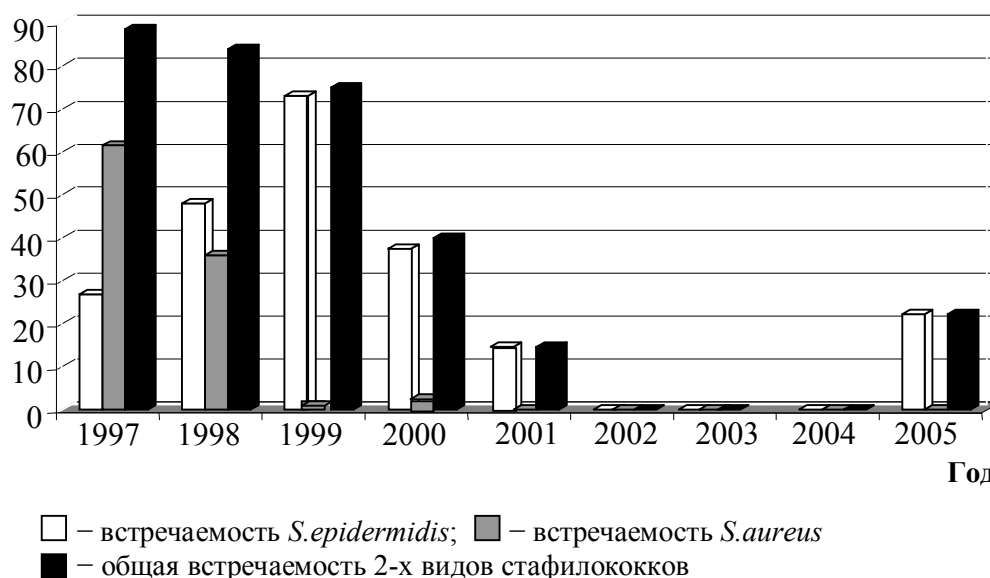


Рис.4. Встречаемость *Staphylococcus* (*S.epidermidis*, *S.aureus* и общая) в составе микрофлоры верхних дыхательных путей дельфинов

За этот же период изменилась и частота встречаемости каждого из двух видов стафилококков. Так, если в 1997 году *S.aureus* встречался примерно в 2 раза чаще, чем *S.epidermidis*, то уже в 2000 году *S.aureus* обнаруживался в 2,5% случаев, тогда как *S.epidermidis* – в 37,5% случаев. С 2001 года золотистый стафилококк в микрофлоре дыхательного тракта дельфинов не регистрировался.

Изменение частоты встречаемости стафилококков, по-видимому, является следствием цикличности некоторых факторов среды, воздействующих на микрофлору животных.

Представители рода *Proteus* (*P.vulgaris* и *P.mirabilis*) также играют важную роль в патологии животных как возбудители гнойно-воспалительных заболеваний и пищевых токсикоинфекций. Кроме того, в значительных количествах они встречаются в разлагающихся материалах животного происхождения [7, 8]. У дельфинов наличие в составе микрофлоры верхних дыхательных путей *P.mirabilis* в большинстве случаев указывает на снижение иммунореактивности организма.

Как показали наши исследования, в микробных ценозах верхних дыхательных путей дельфинов в основном присутствовал *P.mirabilis*. Результаты представлены на Рис. 5.

Как видно из рисунка, встречаемость *Proteus* в микрофлоре верхних дыхательных путей дельфинов в течение девяти лет составляла от 6,9 до 44,4% (в среднем 27,9%). Реже всего протей обнаруживался в 1998 году, а чаще всего – в 2001 и 2002 годах. Данные, полученные нами, показали, что у большинства животных в эти годы численность микроорганизмов в микрофлоре верхних дыхательных путей превышала норму (450 кол./чаш.), в некоторых случаях достигая 2000 кол./чаш. В 2001 г. отмечено наибольшее количество случаев гибели дельфинов за весь период исследования.

Встречаемость, %

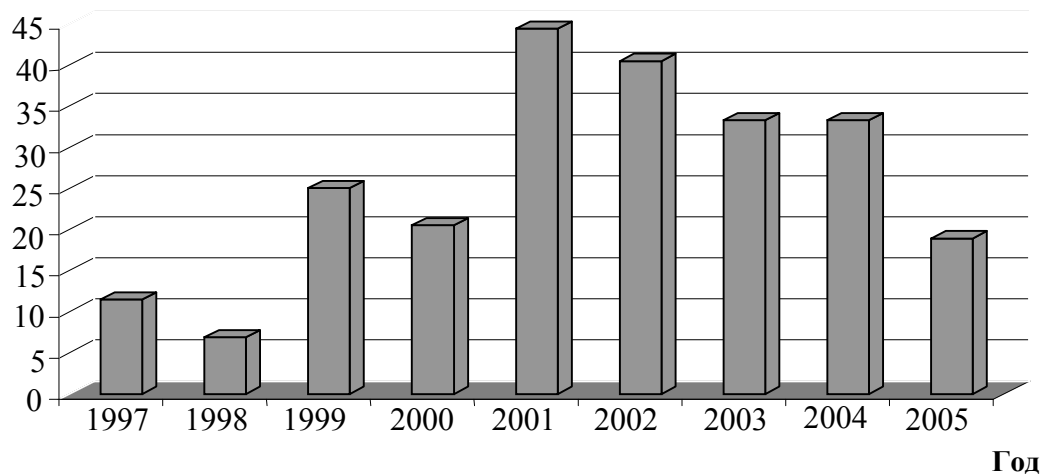


Рис.5. Встречаемость *Proteus* в составе микрофлоры верхних дыхательных путей дельфинов, обитающих в океанариуме (1997-2005 гг).

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования выявлено изменение состава и доминирующих форм микроорганизмов в микробных ценозах верхних дыхательных путей дельфинов, содержащихся в океанариуме.
2. У животных, содержащихся в условиях океанариума, не наблюдалось сезонных колебаний состава респираторной микрофлоры. В среднем, наиболее часто встречаемыми в популяции дельфинов являлись стафилококки (39,5%) и *Pseudomonas sp.* (38,5%). Самыми распространенными в течение ряда лет являлись микробные ассоциации, включающие 2 вида микроорганизмов.
3. Выявлена периодичность появления и исчезновения отдельных представителей в респираторной микрофлоре адаптированных животных. За последнее десятилетие было отмечено сокращение в 1,5 раза видового состава микрофлоры респираторного тракта дельфинов, обитающих в Севастопольском океанариуме.

4. Рассмотрены значение и встречаемость в микрофлоре респираторного тракта дельфинов в течение девяти лет представителей родов *Staphylococcus* и *Proteus*.

Список литературы

1. Интизаров М.М. Микрофлора тела животных / Интизаров М.М. // Ветеринарная медицина. – 2007. www.allvet.ru
2. Бактерии респираторного тракта черноморских дельфинов / А.А.Биркун, Н.А. Милосердова, Н.К. Онуфриева [и др.] // Микробиол.журн. – 1988. – Т.50, №1. – С. 80–83.
3. A study of Bacterial Flora Associated with the Spiracle of Captive Dolphin. From Aquatic Animal Medicine / J. Spotts, B. Emmett, J. Wayne [et al.] // A State of the Art.Proceedings of a conference held April 25, 1979 at Whitney Hall. – Marineland of Florida, 1979. – P. 111.
4. Денисенко Т.Е. Микрофлора Черноморской афалины (*Tursiops truncatus*) в различные периоды адаптации к условиям неволи: автореф.дис. на соискание степени канд.биол.наук: спец. 16.00.03 «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с миксотоксикологией и иммунологией» / Т.Е. Денисенко. – М., 2003. – 20 с.
5. Журид Б.А. Мы понимаем друг друга / Б.А. Журид, С.А. Верижникова. – Севастополь, 1997. – С. 81–122.
6. Cordes D.O. Diseases of captive marine mammals / D.O. Cordes, P.J. O'Hara // N.Z.–Vet.J. – 1979. – 27(7). – P. 147–150.
7. Коротяев А.И. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология / А.И. Коротяев, С.А. Бабичев. – С.-П.: СпецЛит, 2000. – 591 с.
8. Стейниер Р. Мир микробов. Т.3 / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1976. – С. 283–285.

Андреева Н.О. Багаторічна динаміка загального складу й окремих представників мікробних ценозів верхніх дихальних шляхів дельфінів афалін (*Tursiops truncatus*), що утримуються в Севастопольському океанаріумі / Н.О. Андреева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 25-33.

Наведені результати дослідження багаторічної динаміки складу мікробних ценозів верхніх дихальних шляхів дельфінів, що живуть в Океанаріумі. Виявлено зміну складу і домінуючих форм мікроорганізмів протягом 9 років. Визначено видовий та кількісний склад мікробних асоціацій, що найбільш часто зустрічаються в респираторному тракті дельфінів досліджуваної популяції. Висловлюється припущення про періодичність появи й зникнення окремих представників у респираторній мікрофлорі адаптованих тварин. Розглянуті значення і зустрічальність у мікрофлорі респираторного тракту дельфінів представників родів *Staphylococcus* і *Proteus*.

Ключові слова: мікробні ценози, багаторічна динаміка, верхні дихальні шляхи, дельфін-афаліна.

Andreeva N.A. Long-term dynamics of general composition and individual agents of upper airways microbial cenoses in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), kept in Sevastopol Oceanarium / N.A. Andreeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol.23 (62), No 4. – P. 25-33.

Results of research in long-term dynamics of upper airways microbial cenoses in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) kept in Sevastopol Oceanarium are presented. Change in composition and dominant forms of microorganisms within 9 years has been revealed. Species and quantitative composition of bacterial associations that most frequently found in a respiratory tract of dolphins of the investigated population has been specified. It is suggested that there is a periodicity of occurrence and disappearance of individual agents in respiratory microflora of adapted animals. Value and occurrence of *Staphylococcus* and *Proteus* representatives in microflora of a respiratory tract of dolphins are examined.

Keywords: microbial cenoses, long-term evolution, upper airways, bottlenose dolphin.

Поступила в редакцію 21.11.2010 г.

УДК. 612.213

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ
ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО
ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ (ЧАСТЬ II)**

Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: biotema@mail.ru*

Статья посвящена комплексному исследованию вариабельности сердечного ритма (ВСР) испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под влиянием управляемого дыхания (УД) с индивидуально подобранной частотой. В результате проведенного исследования было установлено, что, что УД, частота которого соответствует частоте максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма, является мощным средством управления сердечным ритмом и функциональным состоянием (ФС) кардиореспираторной системы испытуемых с разным типом вегетативной регуляции, о чем свидетельствует оптимизация показателей ВСР, увеличение толерантности сердечно-сосудистой системы к субмаксимальной физической нагрузке и увеличение синхронизации сердечного и дыхательного ритмов.

Ключевые слова: управляемое дыхание, вариабельность сердечного ритма, система вегетативного управления ритмом сердца, управляемое дыхание с индивидуально подобранной частотой.

Модуляция ВСР испытуемых с разными индивидуально-типологическими особенностями с помощью УДИПЧ

Статистическими методами анализа СР под влиянием 10-тидневного курса УД с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ) у испытуемых I-ой группы было зарегистрировано увеличение показателей RMSSD, СКО и pNN50 на 29,83% ($p < 0,05$), 27,61% и 71,16% ($p < 0,01$) относительно исходных значений. У испытуемых II-ой группы не было выявлено достоверных изменений исследуемых показателей (рис. 1-А), а у испытуемых III-ей группы – зарегистрировано максимальное увеличение значений RMSSD, СКО и pNN50 на 110,43% ($p < 0,01$), 59,69 % и 336,96% ($p < 0,001$), относительно исходных значений (рис. 1-А).

Известно [1, 2], что рост значений RMSSD, СКО и pNN50 свидетельствует о мобилизации автономного контура и, в частности, парасимпатического звена регуляции СР, поэтому полученные данные статистического (временного) анализа СР (рис. 1-А) свидетельствует об изменении под воздействием УДИПЧ ВСР волонтеров I-ой и III-ей групп посредством увеличения активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), что, согласно литературным данным [1-3], свидетельствует об оптимизации регуляторных механизмов ВСР этих испытуемых.

Полученные данные в значительной степени подтверждаются результатами других методов анализа ВСР и, в частности, геометрического анализа СР.

ВАРИАбельНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ...

Кроме того, методом вариационной пульсометрии СР у испытуемых I-ой группы под влиянием 10-тидневного УДИПЧ было зарегистрировано снижение значений показателей ИВР, ПАПР и Si на 29,46%, 17,87,% и 26,60% ($p < 0,05$), и увеличение ВПР на 16,33% ($p < 0,05$). Следует отметить, что у испытуемых III-ей группы эти изменения носили аналогичный характер, однако, были выражены в еще большей степени (ВПР, ПАПР, ИВР, Si – 128,18% ($p < 0,01$), 64,01%, 44,00%, 58,22% ($p < 0,001$) относительно значений, полученных в первые сутки исследования), а у испытуемых II-ой группы достоверных изменений исследуемых показателей зарегистрировано не было.

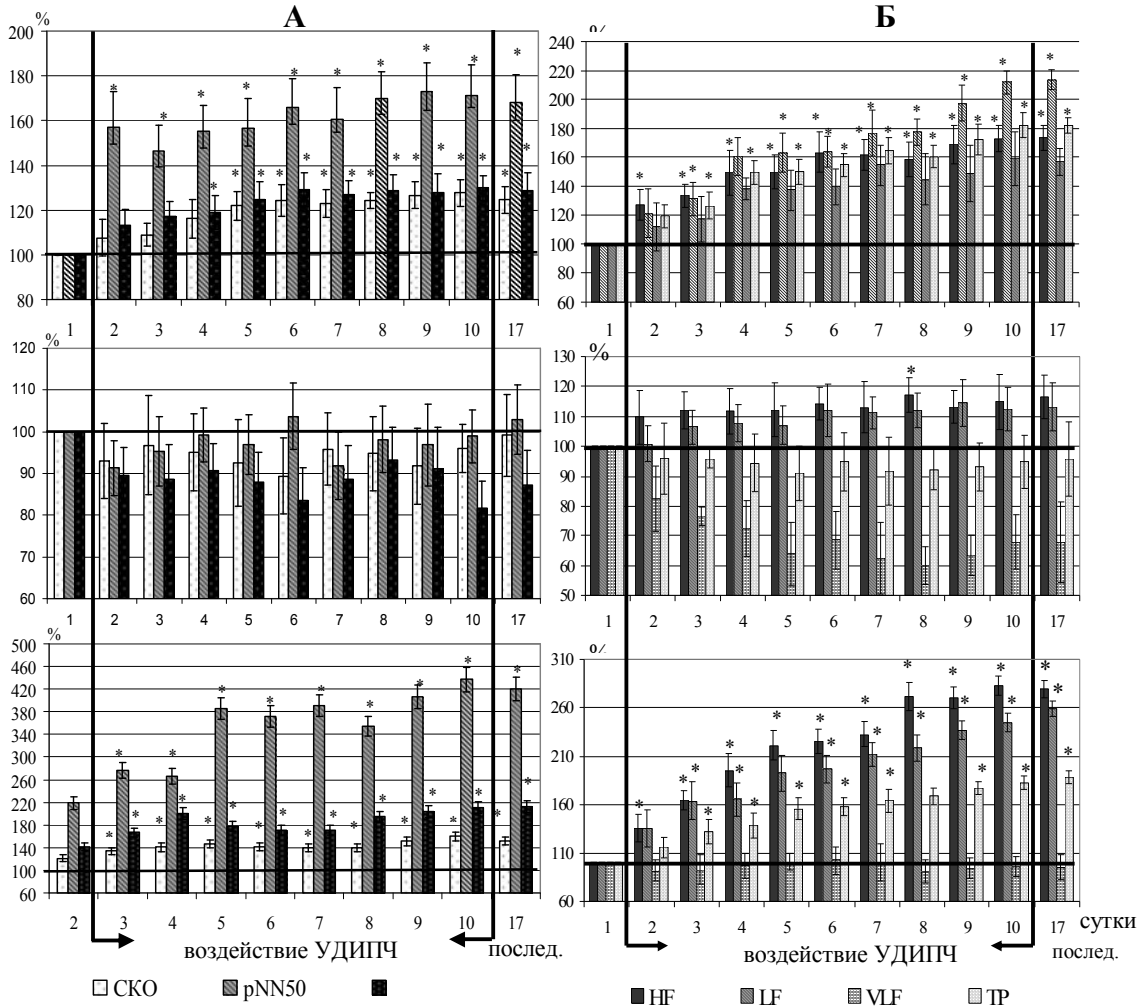


Рис. 1. Изменение показателей статистического (А) и спектрального (Б) анализа ритма сердца у испытуемых I-III-ей групп под влиянием управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой в разные сроки эксперимента (в % относительно исходных значений, принятых за 100%)

Примечания: * – достоверность различий $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона относительно исходных значений изученных показателей, послед. – последствие.

Согласно литературным данным [1, 2], существенное снижение S_i , наряду с другими показателями вариационной пульсометрии (ИВР и ПАПР) и рост ВПР свидетельствуют о снижении у волонтеров уровня напряженности регуляторных систем организма и увеличении активности парасимпатического звена вегетативной регуляции.

Спектральный анализ СР также показал достоверные изменения как показателя суммарной мощности спектра СР (TP), так и ее составляющих – HF, LF-компонент у испытуемых I-ой и III-ей групп (рис. 1-Б). У испытуемых I-ой группы к 10-м суткам исследования значения общей мощности спектра СР увеличились на 82,34%, LF – на 111,94%, HF – на 72,67% ($p < 0,05$). У испытуемых II-ой группы только на 8-е сутки УДИПЧ было зарегистрировано достоверное увеличение на 17,17% ($p < 0,05$) мощности волн в HF диапазоне спектра СР. А у испытуемых III-ей группы показатели TP, LF и HF увеличились на 82,91%, 182,91%, 144,99% ($p < 0,05$) соответственно (рис. 1-Б). Следует отметить, что у испытуемых I-ой группы в ответ на УДИПЧ произошло наиболее значимое по сравнению с другими компонентами увеличение спектральной мощности в LF диапазоне СР. У испытуемых III-ей группы, исходно характеризующихся превалированием низкочастотных (LF и VLF) компонентов спектра, было зарегистрировано более выраженное увеличение мощности HF-компонентов, создающих наименьший вклад в общую мощность спектра при фоновой записи.

Согласно стандартам Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества стимуляции и электрофизиологии [1] и данным других авторов [4, 5], спектральные компоненты ВСР характеризуют состояние СВУС в конкретный момент времени. При этом низкочастотный (LF) диапазон спектра ВСР является следствием функциональной активности центральных механизмов СВУС, поскольку он характеризует состояние симпатического отдела ВНС, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса. Высокочастотная (HF) компонента СР, в свою очередь, характеризует процессы взаимодействия сердечнососудистого и дыхательного центров регуляции [6-8]. Следовательно, можно предположить, что зарегистрированное увеличение LF-компоненты в условиях УДИПЧ у испытуемых I-ой и III-ей групп (рис. 1-Б) связано с активацией симпатической регуляции СР и барорефлекторной регуляции, а HF компоненты – с усилением влияния блуждающего нерва и активизацией парасимпатического отдела ВНС.

Следует также отметить, что у испытуемых II-ой и III-ей групп на 10-е сутки исследования зарегистрировано достоверное снижение значений индекса централизации (ИЦ) на 38,33 и 32,00% ($p < 0,05$), а у испытуемых I-ой группы достоверных изменений этого показателя зарегистрировано не было. Известно, что ИЦ отражает соотношение между центральным и автономным контурами управления СР, следовательно, полученные нами данные о снижении ИЦ у испытуемых II-ой и III-ей групп свидетельствуют о значительном уменьшении централизации управления СР и влияния надсегментарных мозговых структур на регуляторные процессы СВУС этих испытуемых под воздействием УДИПЧ.

Таким образом, курсовое воздействие УДИПЧ изменяет ВСР испытуемых выделенных групп, что связано с усилением барорефлекторных механизмов, повышением активности автономного контура регуляции и активацией

парасимпатического отдела ВНС, однако, направленность и степень выраженности этих изменений зависели от типа вегетативной регуляции СР.

Индивидуально-типологические различия реакции на УДИПЧ у испытуемых выделенных групп

В большей степени изменения изученных показателей ВСР (RMSDD на 110,43%; pNN50 – 336,96%, Si – 42,88%, TP – 182,91%, LF – 144,99%, HF – 182,91%; p<0,05) происходили у испытуемых-симпатотоников. Следует также отметить, что у испытуемых данной группы изменения ВСР зарегистрированы в наиболее ранние сроки (после 1-3-го сеанса УДИПЧ; p<0,05), чем у испытуемых других групп. Вместе с тем у испытуемых-ваготоников под воздействием УДИПЧ достоверные изменения были зарегистрированы только для некоторых показателей (HF, ИЦ).

Полученные данные подтверждаются результатами однофакторного дисперсионного анализа, проведение которого позволило установить статистически достоверное влияние УДИПЧ на показатели ВСР, в частности, стресс-индекс и показатели спектрального анализа СР волонтеров (рис. 2). Причем в большей степени УДИПЧ влияет на ВСР нормотоников (p<0,05) и, особенно, симпатотоников (p<0,001). У испытуемых II-ой группы достоверных изменений изученных показателей за 10 дней исследования выявлено не было.

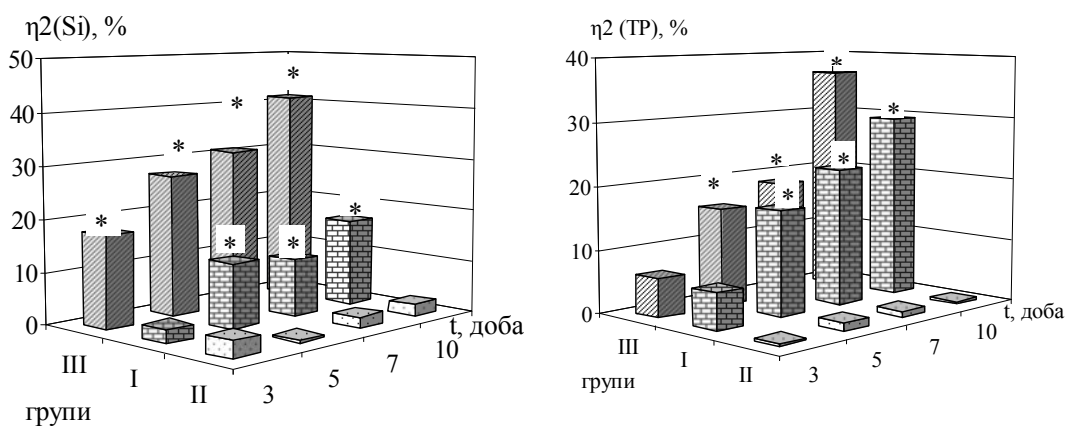


Рис. 2. Изменение процентного вклада влияния УДИПЧ ($\eta^2, \%$) в общую дисперсию стресс-индекса (Si) и общей мощности спектра сердечного ритма (TP) у испытуемых I-III-ей групп в разные сроки эксперимента.

Примечание. * – достоверность различий (p<0,05) по критерию Фишера относительно исходных значений изученных показателей.

Кроме того, при анализе процентного вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию Si и показателей спектрального анализа СР (TP, HF, LF) испытуемых I-ой группы зарегистрировано достоверное увеличение η^2 на 17% (Si), 24% (HF), 44% (LF) и 29% (TP) (p<0,01) относительно фоновых значений этих показателей (рис. 2). У испытуемых II-ой группы достоверных изменений изученных показателей дисперсионного анализа

за 10 дней исследования зарегистрировано не было, а у испытуемых III-ей группы наблюдалось наибольшее изменение η^2 , который возрос на 41%, 52%, 32% и 37% ($p < 0,001$) соответственно относительно исходных значений (рис. 2).

Такие изменения ВСП волонтеров под влиянием УДИПЧ, по-видимому, можно объяснить законом «начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании» исходно различных значений показателя к единому уровню в зоне средних значений физиологической нормы [9].

Подтверждением этого является анализ паттернов коэффициентов сдвига изученных показателей ВСП у испытуемых I-ой и III-ей групп по отношению к значениям, зарегистрированным во второй группе испытуемых – ваготоников.

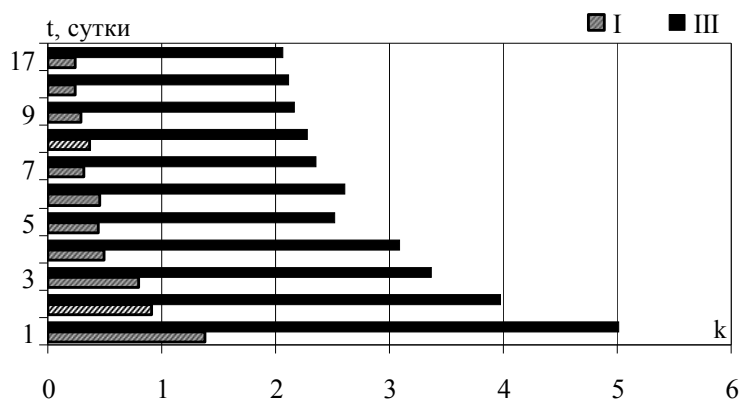


Рис. 4. Коэффициент сдвига (k) значений показателя общей мощности спектра сердечного ритма (ТР) у испытуемых I-ой и III-ей групп по отношению к значениям, полученным во II-ой группе волонтеров.

Так, под влиянием курса УДИПЧ было зарегистрировано приближение значений показателей ВСП у волонтеров с нормо- и симпатотоническим типами регуляции СР к значениям, полученным в группе ваготоников, у которых исходно зарегистрированы наиболее оптимальные показатели ВСП. Следовательно, результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что курсовое воздействие УДИПЧ приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей ВСП у испытуемых с нормо- и симпатотоническим типами регуляции СР к наиболее оптимальному в функциональном отношении [3, 10] ваготоническому типу вегетативной регуляции, что указывает на гомеостатическое действие УДИПЧ.

Зависимость изменения показателей ВСП у испытуемых с различными индивидуально-типологическими особенностями от продолжительности курса УДИПЧ

Динамика изученных показателей свидетельствует, что положительный эффект от курса УДИПЧ у испытуемых I-ой и III-ей групп регистрировался уже со 2-х-3-х суток исследования ($p < 0,05$), а к 5-м-6-м суткам показатели ВСП в основном

выходили на «плато» и практически не изменялись. Однако проведение дисперсионного анализа и, в частности, оценка количественного вклада УДИПЧ в общую дисперсию признака позволило зарегистрировать значительное увеличение вклада контролируемого фактора, которым и является УДИПЧ, в изменение показателей ВСР в зависимости от продолжительности курса – достоверные изменения исследуемых показателей ВСР наблюдались уже после 3-хкратного ($p < 0,05$) воздействия УДИПЧ, в то время как максимальные эффекты проведения курса УДИПЧ достигались к 9-10-м суткам ($p < 0,001$; рис. 2). Кроме того, через семь суток после окончания курса УДИПЧ, биологические ответы на данное воздействие у испытуемых с нормальным и повышенным симпатическим тонусом ВНС также достоверно отличались от исходных, что свидетельствует о выраженном эффекте последствия курса УДИПЧ.

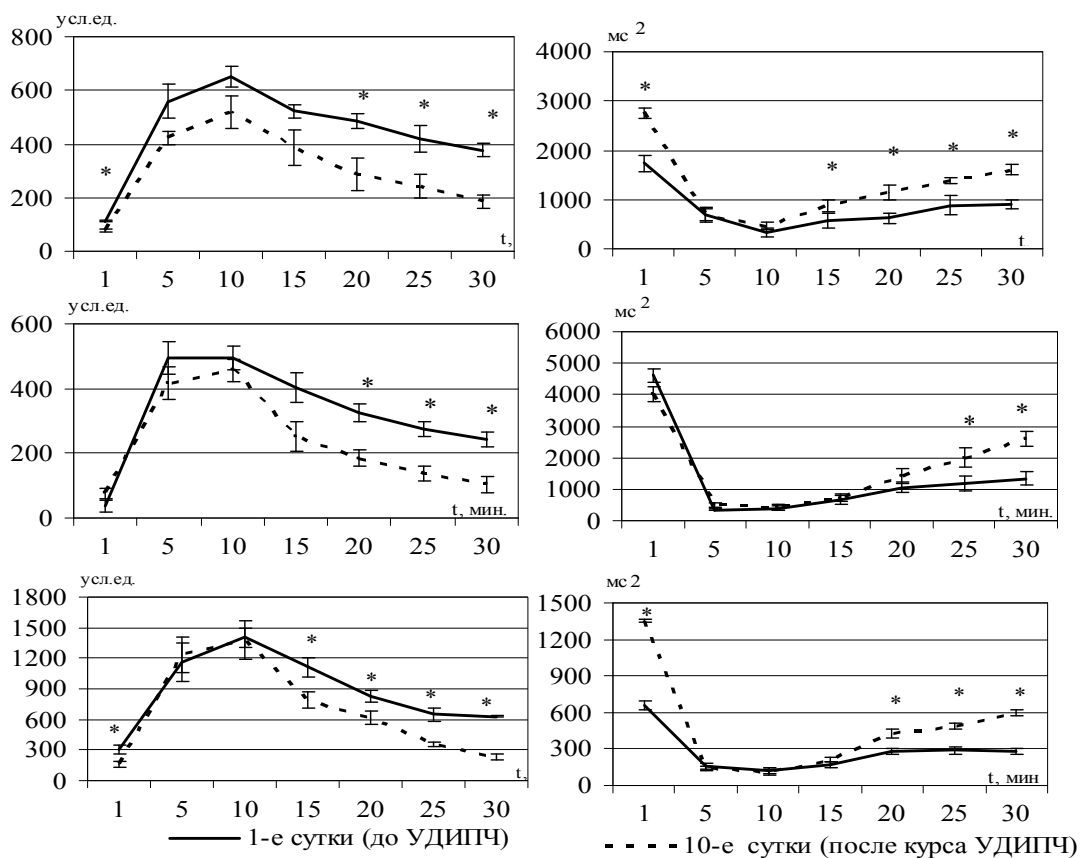


Рис. 3. Изменение показателей S_i (усл.ед.) и TP (усл.ед) на протяжении 30-ти минут восстановительного периода после велоэргометрической пробы у испытуемых I-III групп под воздействием УДИПЧ в разные сроки эксперимента. *Примечание.* * – достоверность различий ($p < 0,05$) по критерию Вилкоксона, относительно значений полученных при ВЭМ-тестировании в 1-й (фоновый) день исследования.

Изменение показателей ВСР под влиянием УДИПЧ в восстановительном периоде после ВЭМ-пробы

Анализ записей ВСР, произведенных с 5-ой по 30-ую минуту после ВЭМ-тестирования позволил зарегистрировать изменения динамики восстановительных процессов у испытуемых выделенных групп под воздействием 10-тидневного курса УДИПЧ.

Так, полученные данные о снижении S_i на 30-ой минуте восстановительного периода (у испытуемых I-ой группы на 50,81%, II-ой – на 43,19%, III-ей – на 62,23%; $p < 0,05$) и повышении TR (I-ой – на 76,49%, II-ой – на 95,67%, III-ей – на 112,20%; $p < 0,05$) в восстановительном периоде после ВЭМ у испытуемых всех трех групп под воздействием УДИПЧ свидетельствуют об увеличении вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, а, следовательно, и большей активации вегетативного контура регуляции СР по сравнению с данными, полученными до воздействия УДИПЧ, что, по-видимому, может быть связано с повышением анаэробного порога и снижением уровня стресса организма испытуемых в ответ на физическую нагрузку [10] под влиянием данного фактора.

Таким образом, согласно приведенным результатам исследования, 10-тидневное превентивное воздействие УДИПЧ приводит к увеличению адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов при субмаксимальной физической нагрузке, что свидетельствует об оптимизации функционального состояния и увеличении толерантности к физической нагрузке организма испытуемых с разным типом вегетативной регуляции.

Изменение синхронизации ритмических процессов в КРС испытуемых разных групп под воздействием УДИПЧ

Проведение совместной синхронной записи КИГ и ПГ с последующим построением гистограммы длительности дыхательных циклов и графическим ее наложением на спектрограмму СР позволило выявить достоверные различия исходных значений коэффициентов кросс-корреляции между дыхательным и кардиоритмом испытуемых с разным тонусом ВНС. Показано, что у испытуемых-ваготоников зарегистрированы наиболее высокие (на 11,88% выше ($p < 0,001$), чем нормотоников), а у симпатотоников – низкие значения KRS (на 20,97% ниже ($p < 0,001$), чем у испытуемых со средними значениями S_i).

Известно [2], что KRS отражает отношения между частотой дыхания и HF-компонентом ВСР. При этом избыточная активация симпатoadренальной системы неизбежно связана с нарушением функционального состояния и снижением адаптационных резервов организма испытуемых. Это выражается в снижении общей ВСР и нарушении паттерна дыхания, что приводит к асинхронизации в работе дыхательного и сердечного циклов, что и зарегистрировано в нашем исследовании у испытуемых III-ей группы. Следовательно, исходно низкие значения коэффициента кросс-корреляции у симпатотоников можно объяснить нарушением синхронизации колебательных процессов в КРС. У ваготоников, напротив, зарегистрированы наиболее высокие значения KRS , что является

формальным свидетельством синхронной работы дыхательного центра и ядер n.vagus [2, 11].

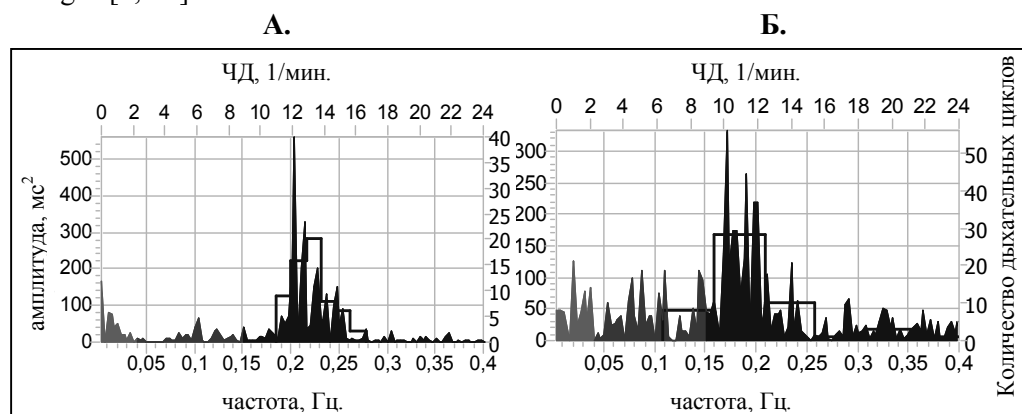


Рис. 5. Нативные спектрограммы кардиосигнала и гистограммы дыхательного ритма у испытуемого З. со средними значениями Si: А – до УДИПЧ, Б – после 10-тидневного курса УДИПЧ.

Поскольку показано, что степень синхронизации кардио-респираторных ритмов неодинакова при разном тоне ВНС – это может быть использовано для оценки устойчивости КРС к действию УДИПЧ. Так, результаты анализа KRS, свидетельствуют о значительном его повышении у испытуемых I-ой и III-ей групп уже со 2-х суток УДИПЧ (на 10-е сутки у испытуемых I-ой группы на 37,74% ($p < 0,001$), а III-ей группы – на 53,43% ($p < 0,001$) от исходных значений).

Следует отметить, что в ходе исследования также были зарегистрированы различия в изменении КРС-синхронизации под влиянием УДИПЧ в зависимости от вегетативного тонуса испытуемых – в большей степени увеличение коэффициента кросс-корреляции сердечного и дыхательного ритмов происходило у испытуемых-симпатотоников, и, наоборот, в меньшей степени – у ваготоников, характеризующихся исходно высокими значениями данного коэффициента.

Заметим, что через семь суток после окончания курса УДИПЧ значения коэффициента кросс-корреляции также достоверно отличались от исходных значений (у испытуемых I-ой группы – 137,81% ($p < 0,001$), II-ой – 108,63%; ($p < 0,05$) и III-ей – 154,03% ($p < 0,001$) от фоновых значений этих показателей в 1-е сутки исследования), что подтверждает полученные данные о выраженном эффекте последствия УДИПЧ.

Следовательно, многократное УДИПЧ приводит к увеличению синхронизации колебательных процессов в КРС испытуемых с различным типом вегетативной регуляции. Это связано с тем, что для работы того или иного колебательного контура управления, которым, в частности, является СВУС, важное значение имеет система обратной связи [4, 5]. При этом характер эфферентного сигнала будет зависеть от характеристик афферентной информации, поступившей в центр управления колебательным контуром. Если предположить, что все ритмические процессы внутри СВУС осуществляются на различных частотах колебаний и с различной силой, а сложный выходной колебательный сигнал системы является

своего рода суммацией всех внутренних процессов, то при совпадении частот колебаний каких-либо двух процессов внутри СВУС следует ожидать эффект резонансного усиления данной частоты на формирование выходного сигнала.

Учитывая особенности чувствительности СВУС и наличие у этой системы собственных низкочастотных (LF) периодических составляющих [12] позволяет использовать резонансный отклик в указанном диапазоне спектра СР в ответ на УД с индивидуально подобранной частотой, которая соответствует локализации максимального пика в низкочастотном диапазоне спектра СР. Эффект резонанса в данном случае обусловлен физическим совпадением частот двух гармонических колебательных процессов: внешнего дыхательного возмущения и собственных колебаний системы [13]. Следовательно, применение УД с частотой, подбираемой индивидуально на основе предварительной записи ВСР, можно расценивать, как введение периодической компоненты во внешний сигнал с целью гармонизации СВУС, а достоверные, позитивные изменения показателей ВСР у испытуемых, зарегистрированные в наших исследованиях, связаны с процессом подстройки эндогенных ритмов под внешний ритм, задаваемый УДИПЧ. При этом увеличение синхронизации сердечных и дыхательных ритмов расценивается как улучшение адаптационных возможностей КРС и организма в целом.

ВЫВОДЫ

1. Управляемое дыхание, частота которого соответствует частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма, является мощным средством управления сердечным ритмом и функциональным состоянием кардиореспираторной системы испытуемых с разным типом вегетативной регуляции, о чем свидетельствует оптимизация показателей variability сердечного ритма, увеличение толерантности сердечно-сосудистой системы к субмаксимальной физической нагрузке и увеличение синхронизации сердечного и дыхательного ритмов.
2. Курсовое воздействие управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой изменяет variability сердечного ритма испытуемых выделенных групп, что связано с усилением барорефлекторных механизмов, повышением активности автономного контура регуляции и активацией парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.
3. Изменения показателей variability сердечного ритма под влиянием управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой зависят от типа вегетативной регуляции испытуемых: у волонтеров, исходно характеризующихся симпатическим типом вегетативной регуляции изменения изученных показателей происходили в наиболее ранние сроки (после 1-3-го воздействия) и были выражены в большей степени (к 10-м суткам значения показателя RMSSD составляли 110,43%; pNN50 – 336,96%, Si – 42,88%, TP – 182,91%, LF – 144,99%, HF – 182,91%; $p < 0,05$); у испытуемых-нормотоников достоверные изменения изученных показателей в основном регистрировали, начиная с 5-6-х суток воздействия (к 10-м суткам RMSSD – 129,83%; pNN50 – 171,16%, Si – 69,33%, TP – 182,34%, LF – 244,99%, HF – 282,91%; $p < 0,05$); у

- испытуемых с парасимпатическим типом вегетативной регуляции достоверных изменений изученных показателей практически не наблюдалось.
4. Курсовое воздействие управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой приводит к уменьшению исходных межгрупповых различий у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции и приближению значений показателей ВСР у нормо- и симпатотоников к наиболее оптимальному в функциональном отношении ваготоническому типу, что указывает на гомеостатическое действие этого фактора.
 5. Изменения показателей variability сердечного ритма испытуемых разных групп зависят от продолжительности курса управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой: достоверные изменения изучаемых параметров зарегистрированы уже после первых сеансов, а максимальные эффекты – после 9-10-тикратного воздействия; на протяжении последующих 7-ми суток после окончания курса управляемого дыхания показатели variability сердечного ритма достоверно отличались от исходных, что указывает на выраженное последствие данного фактора.
 6. Превентивное воздействие управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой приводит к повышению скорости восстановительных процессов, увеличению вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, большей активации вегетативного контура регуляции сердечного ритма после субмаксимальной физической нагрузки, что свидетельствует об оптимизации функционального состояния, увеличении адаптивных возможностей организма и увеличении толерантности к физической нагрузке организма испытуемых, однако в большей степени восстановление изученных показателей variability сердечного ритма происходило у испытуемых, характеризующихся симпатическим типом вегетативной регуляции.
 7. Многократное воздействие управляемого дыхания, частота которого соответствует частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма, приводит к увеличению синхронизации колебательных процессов в кардиореспираторной системе испытуемых, однако степень синхронизации сердечного и дыхательного ритмов зависит от типа вегетативной регуляции испытуемых: в большей степени увеличение коэффициента кросс-корреляции (на 54,03%; $p < 0,05$) произошло у испытуемых-симпатотоников с исходно низкими значениями этого показателя ($11,3 \pm 1,2$), а в меньшей степени (на 7,83%; $p > 0,05$) – у ваготоников, характеризующихся исходно высокими значениями данного коэффициента ($16,0 \pm 1,3$).

Список литературы

1. Variability of heart rate : standards of measurement, physiological interpretation and clinical use / Working Group of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Journal of Intensive Care Medicine*. – 1999. – № 11. – С. 53–78.
2. Михайлов В.М. Variability of heart rate: experience of practical application / Михайлов В.М. – Иваново: Гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
3. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 236 с.

4. Динамика мощности низко- и высокочастотного диапазонов спектра вариабельности сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца с различной тяжестью коронарного атеросклероза в ходе нагрузочных проб / А.Р. Киселев, В.И. Гриднев, О.М. Посненкова [и др.] // Физиология человека. – Т. 34, №3. – 2008. – С. 57–64.
5. Оценка вегетативного управления сердцем на основе спектрального анализа вариабельности сердечного ритма / А.Р. Киселев, В.Ф. Киричук, В.И. Гриднев [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 37–43.
6. Akselrod S. Components of heart rate variability: Heart rate variability / S.Akselrod // – N.Y. : Armonk., 1995. – P. 146–164.
7. Chess G.F. Influence of cardiac neural inputs on rhythmic variations of heart period in cat / G.F. Chess, R.M. Tam, F.R. Carlaresu // Am. J. Physiol. – 1975. – Vol. 228, No 3. – P. 775–780.
8. Richter D.W. Cardiorespiratory control: Central regulation of autonomic functions / D.W. Richter, K.M. Spyer // – N.Y.: Oxford Univ. Press, 1990. – P. 189–207.
9. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83–86.
10. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н.А. Агаджанян, Т.Е. Батоцыренова, Ю.Н. Семенов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2006. – №1. – С. 2–4.
11. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса / К.В. Судаков, О.П. Тараканов, Е.А. Юматов // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 3. – С. 87–95.
12. Malpas S.C. Resonance in renal vasculature evoked by activation of the sympathet-ic nerves / S.C. Malpas, T.A. Nore, M. Navakatikyan // Am. J. Physiol. – 1999. – V. 276, №45. – P. 1311.
13. Кутерман Э.М. Ритм сердца при пробе 6 дыханий в минуту / Э.М. Кутерман, Н.Б. Хаспекова // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 4. – С. 52.

Бірюкова О.О. Варіабельність серцевого ритму у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого дихання з індивідуально підбраною частотою (Частина II) / О.О. Бірюкова, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 34–44.

Стаття присвячена комплексному дослідженню варіабельності серцевого ритму (ВСР) випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого дихання (КД) з індивідуально підбраною частотою. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що, КД, частота якого відповідає частоті максимального піку потужності в низькочастотному діапазоні спектру серцевого ритму, є потужним засобом управління серцевим ритмом і функціональним станом кардіореспіраторної системи випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції, про що свідчить оптимізація показників ВСР, збільшення толерантності серцево-судинної системи до субмаксимального фізичного навантаження і збільшення синхронізації серцевого і дихального ритмів.

Ключові слова: кероване дихання, варіабельність серцевого ритму, система вегетативного керування ритмом серця.

Birjukova E.A. Heart rate variability in subjects with different types vegetative regulation under the influence of controlled respiration with individually selected frequency (Part II) / E.A. Birjukova, E.N. Chujan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 34–44.

The article presents a complex study of heart rate variability (HRV) in subjects with different types of vegetative regulation under the influence of controlled breathing (CB) with individually selected frequency. The study found that that the CB, the frequency of which corresponds to the maximum peak power at low frequencies, the spectrum of cardiac rhythm is a powerful way to control heart rhythm, and functional status (FS), cardio-respiratory system of subjects with different types of autonomic regulation, as evidenced by optimization of HRV, increased tolerance of the cardiovascular system to submaximal exercise and increase the synchronization of cardiac and respiratory rhythms.

Keywords: controlled breathing, heart rate variability, heart rate vegetative management system.

Поступила в редакцію 29.11.2010 г.

УДК 573.6: 537.86

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА РАСТЕНИЯ

Богатина Н.И.¹, Шейкина Н.В.²

¹*Физико-технический институт низких температур НАН Украины, Харьков, Украина*

²*Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина*

E-mail: n_bogatina@rambler.ru

Представлен обзор литературных данных о влиянии магнитных полей различной интенсивности на растения.

Ключевые слова: геомагнитное поле, гипомагнитное поле, слабые магнитные поля.

Влияние геомагнитного поля на растения

Очень вероятно, что ГМП уже существовало до происхождения жизни на Земле, поэтому вся эволюция происходила в его присутствии. В связи с этим не вызывает удивления то, что растения, как и другие биообъекты, приспособились к его величине и могут его чувствовать. Это доказывают результаты экспериментов, приведенные ниже.

В рамках настоящих исследований основной интерес представляют факты взаимодействия растений с постоянной составляющей ГМП (геомагнитного поля земли).

Влияние постоянной составляющей ГМП на рост растений проявляется в обнаруженном явлении магнитотропизма и ориентационного эффекта в ГМП и в слабых однородных ПМП (постоянных магнитных полях).

Тропизмами называют физиологическую реакцию изгибающегося растущего органа под действием какого-либо фактора [1]. Анализ всех типов магнитотропизмов провел Новицкий [2]. Он различает собственно три вида магнитотропических реакций и одну – смешанного типа.

Первый тип магнитотропизма обнаружил Одас [3]. Изучая направление роста корешков кресс-салата и овса в сильно неоднородном магнитном поле на клиноостате, он обнаружил, что корни изгибаются в сторону уменьшения градиента поля. Позже это явление было подтверждено и объяснено в работах [4, 5].

Второй тип магнитотропизма – реакция на полюса ПМП или ГМП был обнаружен Крыловым и Таракановой [6, 7]. Он заключается в том, что при свободной ориентации семян злаковых растений (кукурузы, пшеницы и т.д.) в горизонтальной плоскости при их прорастании в зависимости от видовых особенностей семян наблюдается изгиб первичных корешков проростков преимущественно в сторону южного магнитного полюса. Но этот эффект пока никем не был подтвержден.

Питман [8] зафиксировал третий вид магнитотропизма. Он заключается в том, что корни озимой пшеницы и ряда других растений распределяются вдоль или поперек горизонтальной составляющей ГМП или искусственного МП при свободном посеве в почву. Опыты производились в различных районах Канады с отличающимся магнитным склонением. Таков же характер ориентации дикого овса, выросшего случайно в разных районах Северной Америки. Они также отклоняются за горизонтальной составляющей ГМП от направления север-юг [9]. Здесь необходимо отметить, что ежедневное вращение сосудов, в которых прорастивались растения, на 90° в горизонтальной плоскости приводило к беспорядочному направлению роста корней. По мнению автора, это подтверждает ориентирующую роль ГМП [9].

Эксперименты Питмана с применением радиоактивных элементов показали, что поступление меченого фосфора из почвы было больше на северной и южной сторонах, чем на восточной и западной сторонах [8]. Однако не у всех растений корни ориентировались параллельно горизонтальной составляющей ГМП. Например, корни ржи такой ориентации обнаружить не удалось [9].

Шрайбер [10], выращивая сахарную свеклу, обратил внимание на то, что ее корневые борозды имеют преимущественную ориентацию СЗ-ЮИ. В этих опытах предполагается, что ориентирующим фактором является ГМП. Этот факт удалось доказать Ю.И. Новицкому и М.П. Травкину [11] в экспериментах, которые были проведены в районе Курской магнитной аномалии, где склонение МП в некоторых местах достигает значительных величин (до 90°). Показано, что значительная часть корнеплодов имеет северно-южное направление корневых борозд (44.1 %), а около трети корнеплодов (28.7 %) имеет западно-восточное направление борозд, 8.5% – северо-восточное и до 10% – с неопределенной ориентацией корневых борозд.

Деревенко и Молотковский [12] обнаружили смешанный тип магнитотропизма. Они выращивали кукурузу на открытой площадке в глиняных сосудах. При этом было замечено, что корневая система ориентируется в основном вдоль магнитного меридиана, причем масса корневой системы в северной сторон была больше, чем в южной. Характер распределения корней не изменяется и в случае, когда были приняты меры, чтобы температура северной и южной сторон сосудов была одинаковой. Несмотря на это Ю.И. Новицкий [13] предполагает, что это все-таки проявление магнитотемпературной реакции корневой системы.

Магнитотропизм колеоптиля также был предметом исследования ученых. Так, Чуваев [14] наблюдал тропическую реакцию колеоптилей пшеницы и чечевицы в ГМП в зависимости от ориентации их зародышей относительно стран света, где проводится эксперимент. Оказалось, что угол, образованный колеоптилем зерновки, корешок которой обращен к южному географическому полюсу, с вертикальной осью, примерно в 1.5 раза меньше угла зерновки с корешком, обращенным к северу. Автор объясняет это тем, что у обеих зерновок северные стороны колеоптилей росли быстрее южных, что в случае ориентации зародышем к югу приводит к замедлению выпрямления проростка, а в случае ориентации к северу приводит к более быстрому выпрямлению. Эффект еще более выражен при ориентации зародышем к западу и востоку. Чуваев связывает это явление с влиянием ГМП и силы Кориолиса [15], обусловленной вращением Земли.

Под ориентационными эффектами мы понимаем, во-первых, реакцию биологического объекта на принудительную ориентацию его относительно полюсов искусственного МП или ГМП; во-вторых, ориентацию биологических объектов благодаря взаимодействию внешнего ПМП и его собственного МП.

Опыты в полевых и лабораторных условиях с принудительной ориентацией семян в горизонтальной плоскости зародышем относительно стран света или полюсов искусственного МП проводились многими исследователями [16, 17]. Эти работы в нашей стране были начаты А.В.Крыловым и Г.А. Таракановой [6]. Они установили, что при посадке семян в искусственном ПМП или ГМП рост проростков происходит более энергично в случае северной ориентации зародыша, чем при ориентации зародыша к южному магнитному полюсу.

Ориентационный эффект также наблюдал Питман [17]. Семена пшеницы, ячменя, овса, ржи и льна, ориентированные вдоль силовых линий искусственного МП или ГМП, прорастали раньше и росли интенсивнее в первые 48 часов, чем при поперечной ориентации.

Однако в работах [18-20] получены отрицательные результаты как о влиянии ГМП, так и о наличии ориентационного эффекта. По мнению М.П. Травкина [21]. В этих работах не учитывались результаты П.П. Чуваева [15], который показал, что эффект ориентации зависит от широты местности, где проводятся эксперименты. Широта определяет под каким углом силовые линии ГМП входят в семя. Здесь также необходимо учитывать силу Кориолиса, однако ее действие на растения пока не удалось доказать.

Возможность ориентации биологических объектов во внешних ПМП подтверждается многими исследователями.

Примером такой ориентации можно рассматривать ориентацию в водной суспензии хлоропластов табака, шпината в ПМП, происходящую за счет взаимодействия между внешним ПМП и собственным МП хлоропластов, определяемым их структурой организации и внутренними физиологическими процессами.

В.А. Аброськин [22, 23].сообщил, что им установлена определенная связь между ориентацией проростков конопля в ГМП и сексоализацией этого растения. Якобы ориентация семян зародышем к северу способствует формированию женского растения, а к югу – мужского. Однако В.И. Новицкий [24].провел статистическую обработку данных этой работы и сделал вывод о том, что они недостоверны и требуют подтверждения.

На необходимость учитывать симметрию зерновки при изучении ориентационного эффекта указывал Ю.Г. Сулима [16]. При южной ориентации зародышей L, D, S – зерновок их колеоптили были более длинными, чем при противоположной ориентации (L, D, S – левые, правые и симметричные типы зерновок).

Влияние гипомангнитных полей на растения

Для получения гипо-МП в рабочем объеме с растениями обычно используют метод компенсации ГМП с помощью колец Гельмгольца или Беренбека и метод экранирования ГМП с помощью ферромагнитных экранов.

Необходимо отметить, что, несмотря на то, что существует различие в эффектах при компенсации ГМП и экранировании, не все авторы обзоров по магнитобиологии придерживаются их раздельного изложения. Это имеет место, например, в [25]. При описании характеристик поля ограничиваются лишь указанием величины МП в рабочем объеме, не приводя данных об его однородности, магнитных шумах. В связи с этим рассмотрим сначала данные, полученные методом компенсации ГМП, а затем – путем экранирования с помощью ферромагнитных экранов.

Исследований растений в условиях скомпенсированного ГМП проведено немного, но они очень важны для понимания роли ГМП в жизни растений.

Дубров [26-28] – один из первых начал изучать растения в условиях компенсации ГМП до уровня ± 90 нТл, с помощью колец Баренбека. Он наблюдал нарушения суточной ритмики выделения органических веществ корнями проростков ячменя по сравнению с контрольными растениями, находящимися в ГМП.

В ГМП, скомпенсированном с помощью катушки с пятью витками до уровня $2.8 \cdot 10^2$ нТл (измерено магнитометром) у растений одуванчика в полевых экспериментах соцветия открывались и закрывались с замедлением, а после длительного воздействия они увядали и погибали [29]. К сожалению, не были установлены значения пороговых КМП, выше которых этот эффект не наблюдался..

Лебедев и др. [30] исследовали рост ячменя сорта «Носовский» в гипо-МП с индукцией 10 нТл (измерено с помощью вращающейся индукционной катушки). Ток через кольца Гельмгольца пропускаться от аккумуляторной батареи. Показано, что и сырой, и сухой вес растений, развивающихся в ГМП в течение 3 недель, значительно превосходит (на 12-40%) соответствующие показатели для растений, выросших в гипо-МП. В этом же поле проращивали семена гороха «Черниговский» [31]. При этом наблюдалась задержка прорастания семян по сравнению с семенами, находившимися в ГМП.

Не все растительные объекты реагируют на компенсацию постоянной составляющей ГМП. Чуваев с сотрудниками [32]. Исследовали влияние гипо-МП различных зон колец Гельмгольца в области магнитной индукции 50-100 нТл на рост хлореллы и энглеллы в течение 5 недель (2 пассажа). Полученный материал изучали с помощью оптического микроскопа. Существенных отличий в скорости роста и морфологической структуре клеток между опытными и контрольными образцами, выращенными в ГМП, обнаружено не было. в этих опытах кольца Гельмгольца не компенсировали ПемП.

Таким образом, растения обладают высокой чувствительностью к ГМП. Однако нижнее значение ПМП, начиная с которого растение начинает чувствовать ПМП, не был определен в этих работах. Кроме того, во время этих экспериментов не компенсировалось ПемП ни в контроле, ни в опыте. Более того, оно не контролировалось. Этот факт может привести к существенному искажению результатов.

До 1978 года литературных сведений о влиянии гипо-МП ферромагнитных экранов на биологические объекты, и в частности, на растения не существовало. Однако переменную составляющую магнитного поля ряд авторов все же пытался исключить как действующий фактор. Для этого использовали экраны из алюминия [33], использовали также экраны из непроводящего материала, например,

винипласта [34]. В этом случае контроль отличается от опыта не только величиной индуктивности ПМП, но и величиной индуктивности ПеМП, т.к. коэффициенты экранирования экранов, выполненных из различных материалов, для перечисленных полей могут существенно отличаться друг от друга [35]. Кроме того, ферромагнитные экраны экранируют еще и СЭП (статическое электрическое поле) атмосферы Земли и другие электрические поля антропогенного происхождения.

Известно [36, 37], что различные экраны в разной степени ослабляют и другие физические поля, такие, как акустические, радиационные и др.

Во всех работах, где исследуется влияние экранирования растений с помощью ферромагнитных экранов исследуется действие экранирования растений, по крайней мере, от ЭП (электрического поля) и МП (магнитного поля). Однако большим недостатком большинства этих работ является то, что в них не приводятся данные о величинах индукции ПеМП (переменного магнитного поля) в лаборатории в месте установки экранов, а также в их рабочем объеме. В работе [38] не приводится даже индукция гипо-МП. В некоторых работах [39] приводятся расчетные значения коэффициента ослабления МП экранов, но они обычно значительно отличаются от реальных коэффициентов. По всей видимости, это связано с отсутствием измерительных средств с достаточной чувствительностью.

Одна из наиболее интересных начальных работ – это исследования влияния гипо-МП на рост растений, выполненная Чуваевым [40, 41]. Он проводил эксперименты как в кольцах Гельмгольца, так и в пермалловых камерах. Однако контрольные образцы в обоих опытах помещались в ГМП. Величина гипо-МП в пермалловых камерах измерялась с помощью феррозондового магнитометра и была равна ~ 10 нТл. В этих условиях проращивались в течение 5-7 суток семена ржи и гречихи. Показано, что скорость их прорастания и рост не отличается от контроля в ГМП, хотя в гипо-МП зародышевые корешки были толще. Предполагается, что эффект обусловлен был задержкой в гипо-МП дифференциации тканей, а также сохранением более широкого, чем в ГМП, слоя первичной коры. Поверхность последней в гипо-МП сплошь была покрыта своеобразными опухолевыми образованиями. Чуваевым с соавторами [41] было также показано, что в гипо-МП пермаллового экрана с индукцией порядка 10 нТл исчезают различия в скорости прорастания семян, ориентированных на географический юг и север.

Экранирование ГМП с помощью экрана из железоникелевого сплава с высокой магнитной проницаемостью влияет на рост проростков белой горчицы [38]. К сожалению, в работе не указана величина индукции остаточного гипо-МП в экране.

В трехслойном пермалловом экране с расчетным коэффициентом ослабления МП равным 106 изучалось влияние длительного экранирования от ГМП сухих семян, принадлежащих к различным изоморфным группам [39]. Проращивание семян проводилось в нормальных условиях в течение 4 дней. Оказалось, что средний митотический индекс был выше у опытных проростков (2.8 % – в контроле, 2.99 % – в опыте, достоверность более 95%), а пики активности в опыте по сравнению с контролем были сдвинуты, но не указано в какую сторону и на сколько. Правые и левые формы семян в контроле, и еще большей степени в опыте,

отличались между собой по ритмике деления, но опять непонятно как. По уровню мутирования контрольные и опытные проростки достоверно не отличались.

В работе [42] исследовалась оптическая активность (свойство среды вращать плоскость поляризации проходящего через нее света по сравнению с падающим светом) листовых пластинок фасоли, огурцов, ячменя и герани, находившихся в течение суток в экранированном гипо-МП и в ГМП. Материал, из которого изготовлен экран, и величина магнитной индукции гипо-МП не приведены. Сообщается, что кривая суточного ритма суточной активности в контроле коррелировала с графиком, отражающим изменение В-составляющей ГМП. По приведенным данным экранировка растений искажала их суточный ритм оптической активности.

Таким образом, у экранированных от воздействия ГМП растений наблюдались разнообразное отклонения по отношению к контрольным, находящимся в ГМП. Однако они могут быть вызваны не только снижением ПМП в экране, но и одновременным экранированием других внешних физических полей, в первую очередь, ПеМП и электрического поля атмосферы Земли.

Влияние слабых ПМП на растения

ПМП условно называют слабыми, если значение их магнитной индукции не превышает значение постоянной составляющей ГМП (равной приблизительно 50 мкТл) более чем на 1-2 порядка [22].

До середины 70-х годов влияние слабых ПМП на рост растений было изучено недостаточно [24]. Исследовалось влияние как однородного, так и неоднородного МП. Нас будут интересовать, прежде всего, данные, полученные в слабых однородных ПМП.

Самое неприятное, что большинство из них выполнено на фоне неконтролируемых вариаций ГМП, поэтому в целом ряде работ вместо действия ПМП изучалось совместное действие ПМП и ПеМП. Не являются исключением и работы Ю.И. Новицкого с соавт. [44]. В них ПеМП и ГМП частично экранировалось, правда, не указано до каких остаточных величин магнитной индукции.

М.П. Травкин и Ю.И. Новицкий [45] изучали расходование сухого вещества при прорастании семян ржи «Онохойская» в однородном горизонтальном ПМП колец Гельмгольца с магнитной индукцией 1.85 мТл. Установлено, что до 72 часов опыта потеря сухого вещества в опытных вариантах приблизительно на 10 % ниже, чем в контрольных в ГМП. В дальнейшем вплоть до 120 часов происходит повышение расходования сухого вещества до 15.7 %.

Ю.И. Новицкий [2]. наблюдал достоверное увеличение коэффициента вариабельности прироста кончиков корней 3-4 дневных проростков ржи при включении однородного ПМП колец Гельмгольца обратного направления с магнитной индукцией 1.8 мкТл по сравнению с контролем в ГМП. Минимальная величина магнитной индукции, которая изменяет этот коэффициент, не определена.

Тараканова [21].исследовала влияние однородного ПМП колец Гельмгольца величиной 2 мТл на рост проростков конских бобов сорта «Кузьминские». Через 4 суток проращивания бобов на 0.7 %-ном агар-агаре при 25°C в темноте наблюдалась недостоверная тенденция в ускорении роста корневой системы. Однако, при более длительном воздействии ПМП (30 дней) эффект ускорения роста выражен более ярко.

Вертикальное неоднородное ПМП с величиной магнитной индукции 5.8 и 6.2 мТл (градиент поля не указан) ускоряет темпы роста трехдневных проростков ржи «Вятка», люпина «Немчиновского», кукурузы «Воронежская» и огурцов «Неросимые» [46]. В то же время при большей индукции МП (10мТл) не обнаружено его влияния на рост проростков ржи «Вятка» и «Гибридная». Действенность поля зависела от температуры, при которой происходит проращивание. Максимальное влияние оказывает МП при постановке опыта в оптимальных для каждой культуры температурных условиях. Установлено, что неоднородное МП с величиной магнитной индукции 5.8 и 6.2 мТл подавляет поглощение кислорода прорастающими семенами. Причем, наибольшее подавление происходит в первые сутки. В зонах роста стеблей и корней кукурузы и люпина содержание РНК в МП возрастает, а ДНК заметно не меняется. Вместе с тем увеличивается размер клеток зоны растяжения корня люпина на 18 %.

Неоднородное ПМП постоянного магнита с магнитной индукцией 5.8 и 6.2 мТл подавляет поглощение кислорода, особенно в первые сутки, в прорастающих семенах люпина, конских бобов, ржи, кукурузы, одновременно стимулируя рост проростков [46]. При одинаковом количестве израсходованного сухого вещества зерновки содержание сухого вещества проростка в единице длины снижалось по сравнению с контролем в ГМП. У растений, выращенных в таком МП, митотический индекс был выше, чем у контрольных.

Отмечается, что проявление действенности МП на растительные объекты определяется параметрами действующего поля (индукция и градиент), взаимным расположением биообъекта и магнитного потока [47, 48], внешними физическими условиями (температурой, ЭМ фоном) [13], длительностью экспозиции, физиологическим состоянием биообъекта [46, 49].

Рассмотрим теперь работы Н.И. Богатиной с соавт., связанные с влиянием слабых магнитных полей на биообъекты (порядка земного и ниже). Эти работы предшествовали работам по открытию влияния комбинированных магнитных полей (постоянного МП и коллинеарного ему переменного МП с магнитными индукциями порядка земных).

Этими авторами решение задачи по влиянию ПМП на растения была поставлена совершенно иначе, чем в предыдущих работах. В контроле и в опыте, которые проводили одновременно, внешние ПМП и ПеМП были устранены с помощью трехслойного пермаллового экрана до уровня 5-20 нТл, и в одном экране с помощью соленоида создавалось ПМП с магнитной индукцией, которую можно было менять от 0 до 1 мТл. Контрольные образцы всегда находились в ПМП 5-20 нТл. Такая постановка задачи позволила устранить неопределенность и недостаточную воспроизводимость результатов, т.к. контрольные образцы всегда находились в одних и тех же магнитных условиях.

К первой группе работ относятся работы [50, 51], в которых было достоверно показано, что магнитное поле с магнитной индукцией порядка 2 мкТл является пороговым для ростовой реакции корней и coleoptилей пшеницы. В работе [52] было показано, что зависимость гравитропической реакции корней кресс-салата от магнитной индукции носит также пороговый характер с порогом при значении магнитной индукции, равном 2-5 мкТл.

В работе [53] было показано, что ролью переменного магнитного поля, всегда сопровождающего постоянное магнитное поле в виде сопутствующего ему магнитного шума, нельзя пренебречь, т.к. при длительном эксперименте (порядка нескольких суток) магнитные шумы могут приводить к существенному искажению полученных результатов за счет $1/f$ шума. Там же экспериментально были измерены магнитные шумы постоянного магнитного поля, созданного искусственно с помощью тока в соленоиде. В более поздних работах Данилова с соавторами [54-57] было также показано, что на экспериментальные результаты может существенно влиять наличие переменного магнитного поля. В работах Данилова с соавт. это было естественное переменное магнитное поле Земли, что приводило к плохой воспроизводимости результатов у этих авторов.

В работах [58-60] Н.И. Богатиной с соавт. было показано, что экранирование ПМП приводит к существенному изменению скорости репродукции растительных клеток гороха. При этом уменьшается как скорость движения клеток по циклу, так и общее количество клеток, вступающих в цикл.

В работе [61] было показано, что влияние экранирования магнитного поля максимально при неблагоприятных условиях роста (пониженная температура, влажность, время года)

В работах [62, 63] было теоретически предсказано и экспериментально доказано, что биологические действия гравитационного, магнитного и электрического полей очень похожи. Там же было высказано предположение, что отсутствие одного из названных выше полей (в частности, гравитационного) можно заменить другим. Эти результаты были подтверждены в дальнейшем, как у нас, так и за рубежом [64, 65].

Наблюдению магнитотропизма в геомагнитном поле посвящены работы [66-68].

ВЫВОД

Магнитные поля различной интенсивности оказывают значительное влияние на рост и развитие разных видов растений.

Список литературы

1. Кефели В.И. Рост растений / Кефели В.И. – М.: Колос, 1973. – 120 с.
2. Новицкий Ю.И. Магнитные поля в жизни растений. Проблемы космической биологии / Ю.И. Новицкий // М.: Наука. – 1973. – Т. 18. – С.164–178.
3. Audus L.J. Magnitotropism. A new plant growth response / L.J. Audus // Nature. – 1960. – Vol. 185 (4707). – P. 132.
4. Пирузян Л.А. О магнитной упорядоченности биологических систем / Л.А. Пирузян, А.А. Кузнецов, В.М. Чижов // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1980. – № 5. – С. 645–654.
5. Schwarzacher J.C. Further studies in magnitotropism / J.C. Schwarzacher, L.J. Audus // J. Exptl. Bot. – 1973. – Vol. 24, (79). – P. 459–474.
6. Крылов А.В. Явление магнитотропизма у растений и его природа / А.В. Крылов, Г.А. Тараканова // Физиология растений. – 1960. – Т. 7, № 2. – С. 191–197.
7. Крылов А.В. Магнитотропизм у растений / А.В. Крылов // Земля во Вселенной. – 1964. – С. 471–472.
8. Pittman U.J. Growth reaction and magnetotropism in roots of winter wheat (Kharkov 22 Mc) / U.J. Pittman // Canad. J. Plant Sci. – 1962. – Vol. 42. – P. 430–436.
9. Pittman U.J. Magnetism and Plant Growth. Effect on germination and only growth of cereal seeds / U.J. Pittman // Canad. J. Plant Sci. – 1963. – Vol. 43, № 4. – P. 513–518.

10. Shreiber K. Note on an unusual tropism of feeder roots in sugar beets and its possible effects in fertilizer response / K. Shreiber // *Canad. J. Plant Sci.* – 1958. – Vol. 38 (1). – P. 124–126.
11. Новицкий Ю.И. К вопросу об ориентации корней в геомагнитном поле / Ю.И. Новицкий, М.П. Травкин // *Материалы научно-методической конференции. Химия. Ботаника. Зоология.* – 1970. – С. 73–76.
12. Деревянко А.С. О возможном влиянии магнитного поля Земли на сексуализацию энантиоморфных: форм растений кукурузы / А.С. Деревянко, Г.Х. Молотовский // *Физиология растений.* – 1970. – Т. 7, № 6. – С. 1217 – 1222.
13. Новицкий Ю.И. Реакция растений на магнитные поля / Ю.И. Новицкий – М.: Наука, 1978. – С. 119–130.
14. Чуваев П.П. О влиянии ориентации семян по странам света на скорость их прорастания и характер роста проростков / П.П. Чуваев // *Физиология растений.* – 1967. – Т. 14, вып. 3. – С. 540–543.
15. Чуваев П.П. Влияние на фитообъекты комплекса геофизических полей / П.П. Чуваев // *Тезисы докладов II зонального симпозиума по бионике.* – Минск. – 1967. – С. 56–63.
16. Сулима Ю.Г. Биосимметрические и биоритмические явления и признаки у сельскохозяйственных растений. – Кишинев: АН Мол. ССР, 1970. – 148 с.
17. Pittman U.J. Biomagnetic responses in wild Kharkov 22 MC winter wheat / U.J. Pittman // *Canad. J. Plant Sci.* – 1967. – Vol. 41 (4). – P. 389.
18. Innomoratti M. Gli indic della germinazione (Riasunto) Inform / M. Innomoratti // *Bot. ital.* – 1972. – Vol. 4 (2). – P. 169.
19. Innomorati M. Mancansa di effeto di campi magnetici deboli sull'accrescimento delle plantulo di riticum / M. Innomorati, G.A. Bochlchio // *Giorn. Bot. ital.* – 1974. – Vol. 108 (1,2). – P. 27–53.
20. Innomorati M. Z'ipovesi dell effetto del campo geomagnetico e la variabilita tra le repetizioni in prove di germinazione ed accrescimento in Triticum / M. Innomorati, C.L. Grillini // *Giorn. Bot. ital.* – 1973. – Vol. 106 (6). – P. 301–338.
21. Травкин М.П. Влияние магнитных полей на природные популяции / М.П. Травкин // *Реакции биологических систем на магнитные поля.* – 1978. – С. 178–198.
22. Аброськин В.В. О связи ориентации прорастающих семян и развивающихся растений с их сексуализацией / В.В. Аброськин // *Физиология растений.* – 1968. – Т. 16, № 1. – С. 167–170.
23. Аброськин В.В. Об эффектах ориентации проростков огуречных растений в магнитном поле Земли / В.В. Аброськин, П.Г. Задонский // *Записки Воронежского сельхозинститута.* – 1968. – Т. 34. – С. 86–91.
24. Новицкий Ю.И. Параметрические и физиологические аспекты действия постоянного магнитного поля на растения: дис. ... доктора биол. наук / Ю.И. Новицкий. – М., 1985. – 339 с.
25. Копанев В.И. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты / В.И. Копанев, А.В. Шакула. – Л.: Наука, 1985. – 73 с.
26. Дубров А.П. Влияние гелиогеофизических факторов на проницаемость мембран и суточную ритмичность выделения органических веществ корнями растений / А.П. Дубров // *ДАН СССР.* – 1968. – Т. 187, № 6. – С. 1429–1431.
27. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь / Дубров А.П. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.
28. Дубров А.П. Влияние некоторых геофизических факторов и постоянного магнитного поля на экзогенную ритмичность физиологических процессов у растений / А.П. Дубров, Е.В. Булыгина // *Совещание по влиянию магнитных полей на биологические объекты. Тезисы докладов. Научн. совет по компл. проблеме «Кибернетика».* – 1966. – С. 29.
29. Novak J. Attempt at demonstrating an effect of weak magnetic field on *Taraxacum officinale* / J. Novak, I. Valek // *Biol. Plantarum (Praha).* – 1965. – Vol. 7 (6). – P. 469.
30. Рост ячменя в сверхслабом магнитном поле / С.И. Лебедев, П.И. Баранский, Л.Г. Литвиненко [и др.] // *Электронная обработка материалов.* – 1977. – № 3. – С. 73–77.
31. Шиян Л.Т. Исследование экологической значимости геомагнитного поля (на примере растений) / Л.Т. Шиян // *Научн. тр. Курского пед. ин-та.* – 1978. – Т. 191. – С. 82–83.
32. Чуваев П.П. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на одноклеточные растения различных ботанических типов и классов / П.П. Чуваев, А.И. Арнаутова, Н.А. Крюков // *Тезисы докладов II зонального симпозиума по бионике* – 1967. – С. 107–108.
33. Halperin M.H. Very low magnetic field: biological effects and their implications for space exploration / M.H. Halperin, J.H. Van Dyke // *Airspace Med.* – 1966. – Vol. 37 (3). – P. 281–288.
34. Шакула А.В. Влияние гипогеомагнитной среды на развивающийся организм: дис. ... канд. мед. наук / А.В. Шакула. – Л., 1980. – 189 с.

35. Каден Г. Электромагнитные экраны в высокочастотной технике и технике электросвязи / Каден Г. – М.: Госэнергоиздат., 1957. – 327 с.
36. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. / Машкович В.П. – М.: Энергоатомиздат., 1982. – 296 с.
37. Рекомендации по расчету и проектированию звукоизолирующих ограждений машинного оборудования / НИИСФ. – М.: Стройиздат., 1986. – 56 с.
38. Edmiston J. Effect of the Exclusion of the Earth's Magnetic Field on the Germination and Growth (Sinapsis Alba L.) / J. Edmiston // *Biochem. Physiol. Pflanzen.* – 1975 (BPP). – Vol. 167. – P. 97–100.
39. Шрагер Л.Н. Цитогенетический эффект действия ослабленных магнитных полей на правые и левые изомеры лука / Л.Н. Шрагер // *Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты».* – 1975. – С. 194–196.
40. Чуваев П.П. Влияние сверхслабого постоянного магнитного поля на ткани корней проростков и на некоторые микроорганизмы / П.П. Чуваев // *Материалы II Всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты.* – 1969. – С. 252–256.
41. Чуваев П.П. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на семена и проростки высших растений / П.П. Чуваев, А.И. Арнаутова, Н.А. Крюков // *Тезисы докладов II зонального симпозиума по бионике.* – 1967. – С. 104–106.
42. Семьчкин В.А. Суточный биоритм оптической активности растительных организмов в условиях экрана и действия локального магнитного поля / В.А. Семьчкин, М.А. Голубева // *Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты».* – 1975. – С. 183.
43. Богатина Н.И. Асимметрия роста проростков пшеницы в связи с магнитотропизмом / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // *Флора и растительность среднерусской лесостепи: Межвузовский сборник научных трудов.* – 1984. – С. 117–125.
44. Новицкий Ю.И. Действие магнитного поля на сухие семена некоторых злаковых / Ю.И. Новицкий // *Совещание по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты. Тезисы докладов.* – 1966. – С. 50–52.
45. Травкин М.П. Влияние слабого однородного магнитного поля на расходование сухого вещества при прорастании семян ржи Онохойсуая / М.П. Травкин, Ю.И. Новицкий // *Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты».* – 1975. – С. 187–188.
46. Некоторые физиологические и цитохимические изменения у прорастающих семян в постоянном магнитном поле. Влияние неоднородного магнитного поля низкой напряженности / В.Ю. Стрекова, Г.А. Тараканова, В.П. Прудникова [и др.] // *Физиология растений.* – 1965. – Т. 12, № 5. – С. 920–929.
47. Романи Г. Аппаратура для исследования биомагнитных полей (Обзор) / Г. Романи, С. Уильямсон, Л. Кауфман // *Приборы для научных исследований.* – 1982. – № 12. – С. 3–46.
48. Новицкий Ю.И. Исследование роста отрезков coleoptилей ржи в магнитных полях разной напряженности и градиента / Ю.И. Новицкий, Е.В. Тихомирова // *Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты».* – 1975. – С. 192–193.
49. Марченко И.С. Биополе лесных экосистем / Марченко И.С. – Брянск, 1978. – 128 с.
50. О существовании порога чувствительности проростков и корней пшеницы к величине магнитного поля / Н.И. Богатина, Б.И. Веркин, В.М. Кулабухов [и др.] // *ДАН УССР.* – 1979. – Серия Б. – № 7. – С. 548–556.
51. Определение порога чувствительности проростков и корней пшеницы к величине магнитного поля / Н.И. Богатина, Б.И. Веркин, В.М. Кулабухов [и др.] // *Физиология растений.* – 1979. – Т. 26, №3. – С. 620–625.
52. Богатина Н.И. Изменения гравитропической реакции, вызванные постоянным магнитным полем / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм // *Біофізичний вісник.* – 2006. – № 17 (1). – С. 78–82.
53. Богатина Н.И. Зависимость реакции биологических объектов на магнитные поля от их шумов (полей), возможное влияние на процессы эволюции / Н.И. Богатина, В.М. Литвин В.М., М.П. Травкин // *Электронная обработка материалов.* – 1987. – № 4. – С. 64–69.
54. Влияние флуктуаций геомагнитного поля и его экранирования на ранние фазы развития высших растений / Р.Д. Говорун, В.И. Данилов, В.М. Фомичева [и др.] // *Биофизика.* – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 738–744.

55. Фомичева В.М. Пролиферативная активность и клеточная репродукция в корневых меристемах гороха, чечевицы и льна в условиях экранирования геомагнитного поля / В.М. Фомичева, Р.Д. Говорун, В.И. Данилов // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 745–749.
56. Динамика синтеза РНК и белков в клетках корневой меристемы гороха, чечевицы и льна / В.М. Фомичева, В.А. Заславский, Р.Д. Говорун [и др.] // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 750–758.
57. Структурно-функциональная организация меристематических клеток корней гороха, чечевицы и льна в условиях экранирования геомагнитного поля / Н.А. Белявская, В.М. Фомичева, Р.Д. Говорун [и др.] // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 759–768.
58. Влияние магнитных полей низкой напряженности на репродукцию растительных клеток / В.М. Фомичева, Н.И. Богатина, Б.И. Веркин [и др.] // Космические исследования на Украине. – 1978. – № 12. – С. 58–62.
59. Фомичева В.М. Исследование кинетики репродукции меристематических клеток при уменьшении напряженности окружающего магнитного поля / В.М. Фомичева, Н.И. Богатина, Б.И. Веркин // Роль низших организмов в круговороте веществ в замкнутых экологических системах. – 1979. – С. 321–327.
60. Влияние слабых магнитных полей на скорость роста, сухую массу и скорость клеточной репродукции гороха / Н.И. Богатина, Б.И. Веркин, В.М. Литвин [и др.] // ДАН УССР. – 1979. – Серия Б. – № 6. – С. 460–463.
61. Богатина Н.И. Влияние магнитного поля на скорость роста проростков пшеницы Мироновская-808 / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1983. – № 2. – С. 80–83.
62. Богатина Н.И. Возможные механизмы действия магнитного, гравитационного и электрического полей на биологические объекты, аналогии в их действии / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1986. – № 1. – С. 64–70.
63. Bogatina N.I. Effect of weak gradient magnetic field on plants in microgravity / N.I. Bogatina, E.L. Kordyum // Space Sciences @ Technologies. – 2000. – Vol. 6 (4). – P. 113–118.
64. Кондрачук А.В. Высокоградиентные магнитные поля как способ моделирования воздействия гравитации на растения / А.В. Кондрачук, Н.А. Белявская // Косм. Наука и технология. – 2001. – № 5/6. – С. 100–101.
65. Influence of nonuniform magnetic fields on orientation of plant seedlings in microgravity conditions / G.S. Nechitailo, A.L. Mashinskya, A.A. Kuznetsov [et al.] // Advances in Space Research. – 2001. – Vol. 28 (4). – P. 639–643.
66. Богатина Н.И. Ориентация корней зерновок пшеницы в магнитном поле Земли, влияние собственного поля зерновки / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1986. – № 6. – С. 56–62.
67. Богатина Н.И. Ориентация корней пшеницы под действием геомагнитного поля / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Биофизика. – 1986. – Т. 31, № 5. – С. 886–892.
68. Богатина Н.И. О собственном электромагнитном поле зерновок пшеницы / Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Биофизика. – 1989. – Т. 34, № 2. – С. 336–338.

Богатина Н.И. Вплив магнітних полів на рослини / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 45-55.

Представлено огляд літературних даних про вплив магнітних полів різної інтенсивності на рослини.

Ключові слова: геомагнітне поле, гіпомагнітне поле, слабкі магнітні поля.

Bogatina N.I. Influence of magnetic fields on plants / N.I. Bogatina, N.V. Sheykina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 45-55.

The literary review of the data about influence of magnetic fields of various intensity on plants is presented.

Keywords: geomagnetic field, hypomagnetic field, weak magnetic fields.

Поступила в редакцію 8.11.2010 г.

УДК 576. 315. 4

**ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ
МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И СЕТИ WiMAX НА СОСТОЯНИЕ ХРОМАТИНА
КЛЕТОК БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Бойко О.В.¹, Лантушенко А.О.¹, Лукьянчук Г.А.¹, Саламатин В.В.¹, Шкорбатюк Ю.Г.²

¹*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина*

²*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, Харьков, Украина*

E-mail: lantushenko@mail.ru

Исследовали влияние излучения мобильного телефона, а также радиоволн рабочей частоты WiMAX - 3.7 ГГц разной мощности на клетки буккального эпителия человека. Оценивали состояние функциональной активности клеточных ядер путем изменения степени конденсации хроматина. Наблюдали значительное увеличение степени конденсации хроматина при действии мобильного излучения в течение 10 минут и более, а также микроволнового излучения рабочей частоты WiMAX – 3.7 ГГц плотностью потока мощности на поверхности облучаемого объекта 40 мВт/см².

Ключевые слова: микроволновое излучение, гетерохроматин, клетки буккального эпителия.

ВВЕДЕНИЕ

Микроволновое излучение является неотъемлемой и постоянно увеличивающейся частью общего электромагнитного фона, окружающего современного человека. Мобильная связь, беспроводные системы связи WiFi и WiMAX и другие промышленные и бытовые источники микроволнового излучения оказывают на человека определенное влияние, механизмы действия которого до конца на изучены.

Актуальность изучения влияния электромагнитного излучения на состояние клетки и клеточного ядра обусловлена тем, что именно на этом уровне происходит регуляция наиболее важных процессов жизнедеятельности, итогом которых на уровне всего организма может стать временное нарушение функционального состояния или заболевания. Таким образом, исследование влияния микроволнового излучения на клетки человека является актуальным в теоретическом и практическом отношении.

Ранее различными авторами проводились исследования возможного мутагенного влияния радиочастотного излучения низкой интенсивности. В ряде исследований было обнаружено, что радиочастотное излучение может вызывать мутации. Например, в работе [1] было показано, что под действием микроволнового излучения (частота 7.7 ГГц, мощность 0.5, 10 и 30 мВт/см²) с временем экспозиции 10, 30 и 60 мин имело место увеличение хромосомных aberrаций и микроядер в лимфоцитах человека. При более длительных временах облучения радиочастотные сигналы с SAR (Specific Absorbtion Rate, удельная величина поглощения излучения), равным 5 Вт/кг вызывали повреждения хромосом в лимфоцитах человека. Действие излучений на

четырёх различных частотах (в диапазоне 837-1909.8 МГц) в течение 24 часов со значением SAR от 5 до 10 Вт/кг приводило к существенному и высокоповторяемому увеличению количества лимфоцитов с микроядрами [2].

Однако в ряде других исследований мутагенное влияние микроволнового излучения обнаружено не было. Например, излучение с частотой 2.45 ГГц в течение двух часов в непрерывном (SAR=100 Вт/кг) и импульсном (максимум SAR=900 Вт/кг) режимах не вызывало хромосомных aberrаций в m5S клетках мышей [3]. Используемое в мобильных телефонах излучение с частотами 847.74– 813.56 МГц и значением SAR 2.4–26 мВт/кг не приводило к изменению уровня повреждения ДНК и не влияло на индукцию апоптоза в Molt-4 Т-лимфобластоидных клетках [4].

В работах [5,6] было показано, что при действии микроволнового излучения на ядра клеток буккального эпителия увеличивается количество гранул гетерохроматина, т.е. наблюдается конденсация хроматина. Для количественного описания наблюдаемых эффектов был введен параметр КГГ – количество гранул гетерохроматина. Были проведены исследования влияния на величину КГГ различных факторов: биологически активных веществ, УФ-, лазерного, микроволнового излучения [5-9]. Также эффект конденсации хроматина был продемонстрирован в работах Марковой [10] методом временной зависимости вязкости хроматина. 30-минутное ЭМ-воздействие на частотах 900 и 905 МГц приводило к статистически значимой конденсации хроматина в лимфоцитах человека [11].

В данной работе исследуется влияние микроволнового излучения на частоте мобильных телефонов (900 МГц), а также на частоте беспроводной связи WiMAX (3.7 ГГц) на состояние функциональной активности клеточных ядер, путем оценки изменения степени конденсации хроматина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1.1 Отбор клеток

В эксперименте использовалась краткосрочная клеточная культура буккального эпителия. Для проведения эксперимента производился отбор клеток буккального эпителия у трех доноров: А, В и С.

А – клетки донора женского пола, возраст донора – 22 года; В – клетки донора мужского пола, 24 года; С – клетки донора мужского пола, 34 лет.

Процесс изъятия клеток буккального эпителия из организма заключался в следующем: клетки соскребали с внутренней поверхности щеки донора с помощью тупого стерильного шпателя, далее клетки помещали в буферный раствор следующего состава: 3,03 мМ фосфатный буфер, рН = 7,0 с добавлением 2,89 мМ хлорида кальция [12]. Ранее было установлено, что в таких условиях изолированные клетки могут поддерживать постоянство количества гранул гетерохроматина (КГГ) в течение 24 ч и более [8].

После изъятия клетки хранились в кюветах с буферным раствором от нескольких минут до 24 часов, в зависимости от условий эксперимента. В тех случаях, когда соскобы клеток брали в полевых условиях, клетки помещали между двумя покровными стеклами и хранили во влажной камере, между двумя слоями фильтровальной бумаги.

1.2 Облучение клеток

1.2.1 Облучение излучением мобильного телефона

Клетки в виде суспензии наносились на поверхность предметного стекла и помещались в чашу Петри, на дне которой находилась заранее смоченная в воде влажная фильтровальная бумага. Клетки буккального эпителия подвергались электромагнитному облучению в течение 5 и 10 минут. В качестве источника микроволнового излучения использовался сотовый телефон марки Samsung SGH-J770, находящийся в режиме разговора (максимальная величина SAR за счет излучения телефона, согласно данным паспорта прибора, $SAR=0,6$ Вт/кг, частота излучения – 900 МГц).

1.2.2 Облучение клеток на частоте 3.7 ГГц

Раствор, содержащий клетки и фосфатный буфер, распределялся между несколькими эппендорфами (пробирками по 0.5 мл каждая). Далее, образцы поочередно размещались в волноводном тракте облучающей установки. Принципиальная схема установки представлена на Рисунке 1.

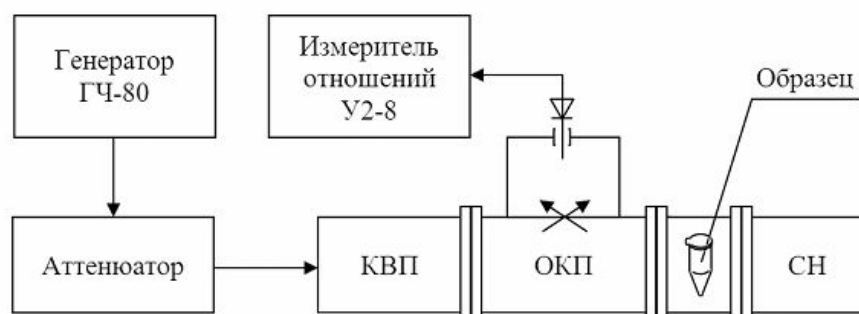


Рис.1. Принципиальная схема установки.

На схеме приняты следующие обозначения: КВП – коаксиально-волноводный переход; ОКП – ответвитель круговой поляризации, СН – согласованная нагрузка.

Установка работает следующим образом. С помощью СВЧ генератора в волноводном тракте формируется волна с частотой 3.7 ГГц. Эта частота соответствует рабочему диапазону стандарта WiMAX. Коаксиально-волноводный переход выполняет роль фильтра, выделяющего главную моду колебаний.

Эппендорф с исследуемым образцом размещается в максимуме электрического поля на участке прямоугольного волновода между ОКП и согласованной нагрузкой. ОКП представляет собой Т-образное соединение отрезков волноводов прямоугольного и круглого сечений. Падающая и отраженная волны ответвляются из первичного канала ОКП во вторичный с одинаковым коэффициентом передачи. Во вторичном канале ответвителя возбуждаются две волны с круговой поляризацией, вращающиеся в противоположных направлениях. Суперпозиция этих полей, в зависимости от соотношения их амплитуд, приводит к формированию эллиптически или линейно поляризованной волны.

Сигнал с выхода детектора подаётся на вход измерителя отношений. По измеренным значениям КСВ проводится калибровка установки и оценка уровней мощности падающей и отраженной волн в первичном тракте.

Облучение образцов производилось при трех значениях плотности потока мощности на поверхности облучаемого объекта: 40 мкВт/см², 10 мкВт/см², 2.5 мкВт/см². Продолжительность t облучения составляла 0.5, 1 и 5 мин.

1.3 Оценка показателя КГГ

Функциональное состояние клеточного ядра непосредственно связано со структурными переходами гетерохроматин – эухроматин. Исследование процесса гетерохроматинизации позволяет оценить изменения функциональной активности клеточного ядра. Повышение величины КГГ свидетельствует о повышении степени гетерохроматизации. Этот процесс, как известно, связан со снижением активности процессов транскрипции в ядре [13]. Оценка показателя КГГ производилась по методу [6]. Облученные клетки и контрольный образец окрашивались 2%-м раствором орсеина в 45%-й уксусной кислоте [5]. Ядра клеток исследовались с помощью микроскопа Konus Campus с увеличением $\times 1000$, любезно предоставленного кафедрой экологии СевНТУ. На рисунке 2 в качестве примера представлены фотографии клеток контрольного образца (рис.2,а) и после 10-минутного облучения (рис.2,б). Величину КГГ в каждом варианте эксперимента определяли в 30 ядрах. Это количество близко к оптимальному, поскольку дальнейшее увеличение количества проанализированных ядер не приводит к значительному уменьшению величины стандартной ошибки, но в значительной мере замедляет анализ.

Вывод о различиях между контролем и опытом делали по средним величинам КГГ. Результаты экспериментов обрабатывались статистически с помощью метода Стьюдента и методом дисперсионного анализа. В работе принят уровень достоверности $P < 0,05$.

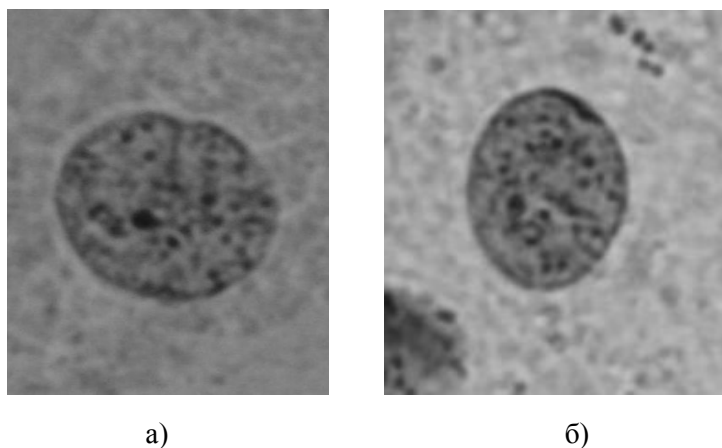


Рис. 2. Фотографии клеток буккального эпителия после окраски орсеином: а) контрольный образец; б) после 10-минутного облучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

2.1 Облучение излучением мобильного телефона

Облучение клеток мобильным телефоном в режиме разговора вызвало увеличение показателя КГГ. Результаты представлены на Рис.3.

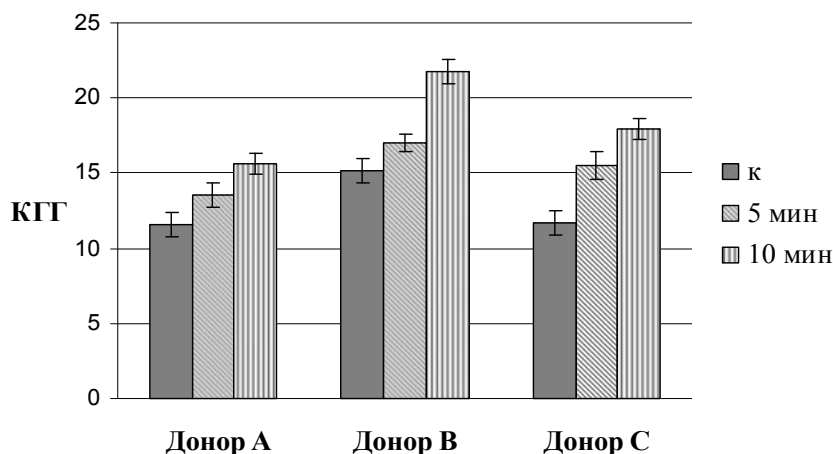


Рис. 3. Количество гранул гетерохроматина (КГГ) в клетках буккального эпителия после облучения мобильным телефоном в течение 5 и 10 мин относительно к – контрольных значений для каждой группы доноров.

Как видно из гистограммы, наибольшее, статистически достоверное, значение показателя КГГ наблюдается для клеток всех доноров при облучении в течении максимального времени – 10 мин. Относительное увеличение количества гранул гетерохроматина в этом случае составило для донора А – 26 %, донора В – 30 %, донора С – 35 %.

Пятиминутное воздействие ЭМП мобильного телефона также приводит к увеличению КГГ, но в меньшей степени. Это увеличение является статистически достоверным в случае использования клеток донора С.

Наблюдаемое нами увеличение показателя КГГ свидетельствует о высокой степени конденсации гетерохроматина в клетке, а следовательно, и уменьшении функциональной активности как клеточного ядра, так и клетки в целом, под воздействием электромагнитных волн мобильного телефона. Наибольший вклад в уменьшение ядерной активности клетки вносит 10-минутное облучение.

Для того чтобы определить статистическую связь между полученными данными, был проведен дисперсионный анализ. Анализируя данные по факторам «время» и «донор», было определено, какой из них оказывает большее влияние на показатель КГГ.

Дисперсионный анализ проводился в программе StatistiXL (Statistical power for MS Excel). Данные анализа приведены в Таблице 1.

Как видно из Таблицы выходных данных, фактор времени оказывает наибольшее влияние (критерий Фишера F –максимален), а следовательно именно

продолжительность облучения является определяющим фактором в поставленном эксперименте.

Таблица 1
Результаты двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA для клеток, облученных мобильным телефоном

Tests of effects for Y=КГГ					
Фактор	Type III SS	Df	Mean Sq.	F	Prob.
донор	52.478	2	26.239	10.833	0.000
время	438.672	1	438.672	181.118	0.000
донор*время	63.744	2	31.872	13.159	0.000

О том, что входные данные при проведении дисперсионного анализа подходят для данного вида анализа, свидетельствует нулевое значение функции «Prob.», т.е. для данного исследования выполняются следующие статистические допущения: независимо от уровня фактора величины отклика имеют нормальный (Гауссовский) закон распределения и одинаковую дисперсию.

2.2 Облучение клеток человека на частоте 3.7 ГГц

Данные по облучению клеток на рабочей частоте аппаратов беспроводной связи WiMAX – 3.7 ГГц были получены для клеток трёх доноров. Для каждой группы клеток донора эксперимент проводился при трех значениях плотности потока мощности на поверхности облучаемого объекта: 40 мкВт/см², 10 мкВт/см², 2.5 мкВт/см² и времени облучения – 0.5, 1 и 5 минут. Полученные данные представлены на Рис.4-6.

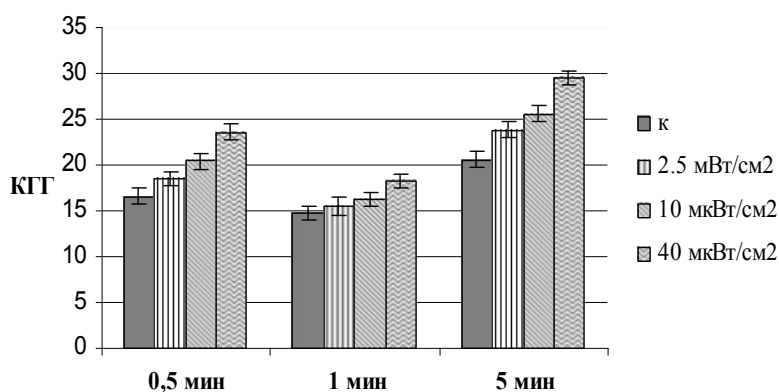


Рис. 4. Данные облучения клеток донора А на частоте 3.7 ГГц относительно (к) – контрольных значений.

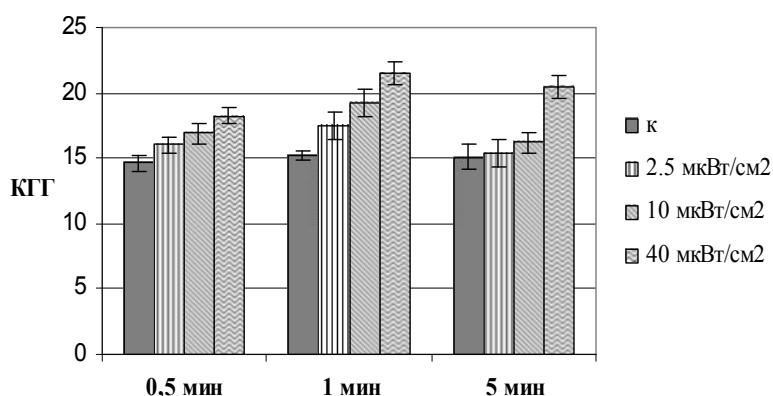


Рис. 5. Данные облучения клеток **донора В** на частоте 3.7 ГГц относительно (к) – контрольных значений.

Из Рис. 4-6 видно, что наибольшее влияние на увеличение показателя КГГ у всех доноров оказывает излучение наибольшей интенсивности – 40 мкВт/см². К значительному росту КГГ (до 33%) также приводит увеличение времени экспозиции до 5 мин. Интересно отметить, что у донора В максимальное увеличение КГГ наблюдается при 1-минутном облучении.

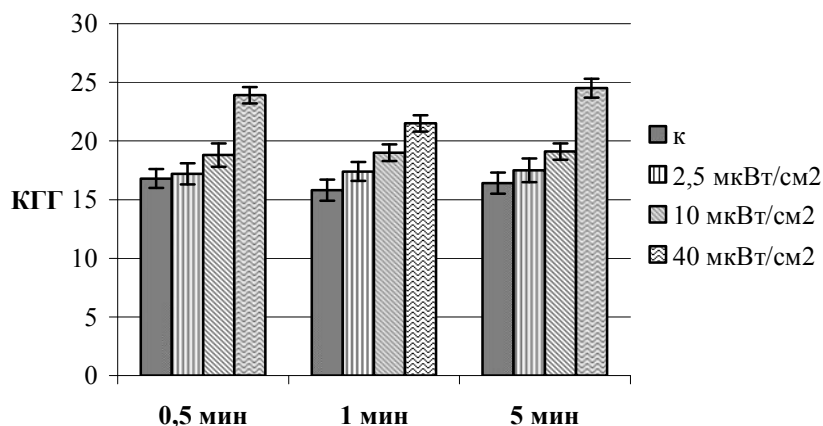


Рис. 6. Данные облучения клеток **донора С** на частоте 3.7 ГГц относительно (к) – контрольных значений.

Относительное увеличение КГГ при облучении средней мощностью 10 мкВт/см² для всех доноров меньше, чем при мощности 40 мкВт/см², и составило от 9 до 20%.

Излучение наименьшей мощности 2,5 мкВт/см² приводит к наименьшему росту КГГ и не превышает 10%. Можно предположить, что излучение данной мощности

является порогом чувствительности клетки к излучению на частоте 3.7 ГГц, т.е. дальнейшее уменьшение мощности не будет влиять на показатель КГГ.

Чтобы определить, какой из факторов «время» или «мощность» облучения оказывают статистически больший вклад, в программе StatisticXL был проведен дисперсионный анализ полученных в ходе эксперимента данных для всех доноров. Результаты анализа приведены в Таблице 2.

Как видно из таблицы выходных данных, функция prob. принимает нулевое значение для всех исследованных факторов и их сочетания (время*мощность), что свидетельствует об их статистической значимости, при этом для всех доноров критерий Фишера F максимален для фактора «мощность», а, следовательно, именно мощность облучения является определяющим фактором в поставленном эксперименте.

Таблица 2

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA для клеток
буккального эпителия при действии излучения с частотой 3.7 ГГц.**

Tests of effects for Y=КГГ					
Фактор	Type III SS	Df	Mean Sq.	F	Prob.
Донор А					
время	437,163	2	218,581	131,663	0,000
мощность	1302,941	2	651,470	392,416	0,000
время*мощность	230,259	4	57,565	34,674	0,000
Донор В					
время	16,207	2	8,104	4,240	0,000
мощность	553,985	2	276,993	144,919	0,000
время*мощность	98,481	4	24,620	12,881	0,000
Донор С					
время	72,496	2	36,248	10,631	0,000
мощность	1443,696	2	721,848	211,704	0,000
время*мощность	81,415	4	20,354	5,969	0,000

ВЫВОД

Таким образом, результаты данной работы подтверждают выдвинутое ранее предположение о том, что общим откликом на действие ЭМИ является конденсация хроматина. Этот процесс может быть обусловлен изменением ДНК-белковых взаимодействий, вызванных излучением. Теоретически конденсация

хроматина может являться причиной мутаций, т.к. известно, что конденсация хроматина в хромосомах приводила к повышению вероятности мутаций [14]. Важно также отметить, что процесс гетерохроматинизации связан с уменьшением транскрипционной активности клеток. Результаты данной работы свидетельствуют о наличии существенного влияния электромагнитного излучения мобильного телефона при длительном облучении (порядка 10 минут и более) и микроволнового излучения рабочей частоты WiMAX – 3.7 ГГц при плотности потока мощности 40 мкВт/см² на клетки человека. При действии исследованных в работе микроволн наблюдается увеличение показателя КГГ, что свидетельствует об уменьшении функциональной активности клеток.

Список литературы

1. Garaj-Vrhovac V. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwaves / V. Garaj-Vrhovac, A. Fucic, D. Horvat // *Mutation Research*. – 1992. – V. 281. – P. 181–186.
2. Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human blood cells / R.R. Tice, G.G. Hook, M. Donner [et al.] // *Bioelectromagnetics*. 2002. – V. 23. – P.113–126.
3. Effect of high-frequency electromagnetic fields with a wide range of SARs on chromosomal aberrations in murine m5S cells / Y. Komatsubara, H. Hirose, T. Sakurai [et al.] // *Mutation Research*. – 2005. V. 587. – P.114–119.
4. Measurement of DNA damage and apoptosis in Molt-4 cells after in vitro exposure to radiofrequency radiation / G.J. Hook, P. Zhang, I. Lagroye [et al.] // *Radiation Research*. – 2004. – V. 161. – P. 193–200.
5. Shckorbatov Y. He-Ne laser light induced changes in the state of the chromatin in human cells / Y. Shckorbatov // *Naturwissenschaften*. – 1999. – V.86. – P. 450–453.
6. The influence of differently polarised microwave radiation on chromatin in human cells / Y.G. Shckorbatov, V.N. Pasiuga, N.N. Kolchigin [et al.] // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2009. – V. 85, No.4. – P. 322–329.
7. Shckorbatov Y. Age-related changes in the state of chromatin in human buccal epithelium cells / Y. Shckorbatov // *Gerontology*. – 2001. – V.47. – P. 224–225.
8. Microwave irradiation influences on the state of human cell nuclei / Y.G. Shckorbatov, V.G. Shakhbazov, N.N. Grigoryeva [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 1998. – V. 19. – P. 414–419.
9. Changes in the state of chromatin in human cells under the influence of microwave radiation / Y.G. Shckorbatov, V.G. Shakhbazov, V.V. Navrotska [et al.] // 16th International Wroclaw Symposium and Exhibition on electromagnetic compatibility, Wroclaw Part. – 2002. – V. 1. – P. 87–88.
10. Microwaves from GSM mobile telephones affect 53BP1 and g-H2AX foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons / E. Markova, L. Hillert, L. Malmgren [et al.] // *Environmental Health Perspectives*. – 2005. – V. 113. – P. 1172–1177.
11. Sarimov R. Nonthermal GSM microwaves affect chromatin conformation in human lymphocytes similar to heat shock / R. Sarimov, L.O. Malmgren, E. Markova // *Plasma Science, IEEE Transactions*. – 2004. – V. 32. – P. 1600–1608.
12. Тартаковский А.Д. Питательные среды для культивирования клеток млекопитающих. Методы культивирования клеток. / А.Д. Тартаковский. – Л.: Наука, 1988. – С.44–63.
13. Ашмарин И.П. Молекулярная биология / И.П. Ашмарин. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 368 с.
14. Links between chromosome structure, DNA repair and chromosome fragility / J. Surrales, S. Puerto, M.J. Ramirez [et al.] // *Mutation Research*. – 1998. – V. 404. – P. 39–44.

Бойко О.В. Вплив мікрохвильового випромінювання на частотах мобільного зв'язку та мережі WiMAX на стан хроматину клітин букального епітелію людини / **О.В. Бойко, А.О. Лантушенко, Г.О. Лукьянчук, В.В. Саламатін, Ю.Г. Шкорбатів** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 56-65.

Досліджували вплив мікрохвильового випромінювання мобільного телефону, а також радіохвильової робочої частоти WiMAX – 3.7 ГГц різної потужності на клітини букального епітелію людини. Оцінювали стан функціональної активності клітинних ядер за допомогою зміни ступеня конденсації хроматину. Спостерігали значне збільшення ступеня конденсації хроматину під дією мобільного випромінювання протягом 10 хвилин та більше, а також мікрохвильового випромінювання робочої частоти WiMAX – 3.7 ГГц та щільністю потоку потужності на опромінюваній поверхні 40 мкВт/см².

Ключові слова: мікрохвильове випромінювання, гетерохроматин, клітини букального епітелію.

Boiko O.V The effect of mobile phone microwave radiation and influence of electromagnetic radiation (EMR) of different intensities of WiMAX radio frequency on chromatin in human cells / **O.V. Boiko, A.O. Lantushenko, G.A. Lukyanchuk, V.V. Salamatin, Y.G. Shkorbatov** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 56-65.

The effect of mobile phone microwave radiation and influence of electromagnetic radiation of different intensities of WiMAX radio frequency – 3.7 GHz on chromatin in human cells have been studied. The functional activity of cell nuclei has been assessed by the changes in degree of chromatin condensation. The results of the study indicate the substantial increase in degree of chromatin condensation caused by mobile phone electromagnetic 10-minute irradiation and microwave WiMAX frequency – 3.7 GHz of 40 μW/cm² surface power density.

Keywords: microwave radiation, heterochromatin, buccal cells.

Поступила в редакцію 12.11.2010 г.

УДК 575:631.147:577.182.72

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТОЧНЕНИЯ ПУТЕЙ БИОСИНТЕЗА МОНОТЕРПЕНОИДОВ У МЯТЫ

Бугаенко Л.А.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: kirubiology@gmail.com*

В статье представлены материалы, показывающие, что у *Mentha canadensis L.* функционируют два пути биосинтеза ментола (пиперитонный и пулегонный), которые подтверждены генетическими исследованиями и экспериментами по биотрансформации монотерпеноидов в культуре клеток *in vitro*.
Ключевые слова: биосинтез, монотерпены, биотрансформация, *in vitro*.

ВВЕДЕНИЕ

Эфирные масла различных видов мяты включают большое (более 100) разнообразие монотерпеноидов циклического и ациклического строения, однако, как правило, в них преобладает один или несколько компонентов.

Рядом исследователей [1-5] предложены биогенетические схемы, согласно которым компоненты эфирных масел образуются путем последовательных превращений, начиная от геранилпирофосфата (рис. 1).

По существующим представлениям, превращение одного терпенового компонента в другой контролируется одним геном, кодирующим синтез соответствующего фермента. Если необходимый фермент отсутствует, последовательность цепи биосинтеза останавливается и происходит накопление предшественника. Преимущественное накопление того или иного предшественника в эфирном масле видов мяты и определяет разнообразие биохимического состава различных представителей рода *Mentha L.*

Ментол – основной компонент эфирного масла культивируемых видов мяты (*M. piperita L.* и *M. canadensis L.*) является конечным продуктом биосинтеза С-3 окисленных терпеноидов и образуется из его непосредственного предшественника ментона под контролем доминантного аллеля R [6]. Рецессивный аллель этого гена (r) не позволяет активно проходить данной химической реакции и растения, имеющие гомозиготный рецессивный генотип (rr), накапливают преимущественно ментон или его предшественники (С-3 – окисленные соединения – пулегон, пиперитон, пиперитенон и др.). Как правило, такие терпеноиды преимущественно синтезируют дикорастущие виды мяты. Кроме того, дикорастущие виды мяты могут синтезировать С-2 окисленные терпеноиды – карвон и его производные, а также ациклические терпеноиды – линалоол и линалилацетат [5, 7-10].

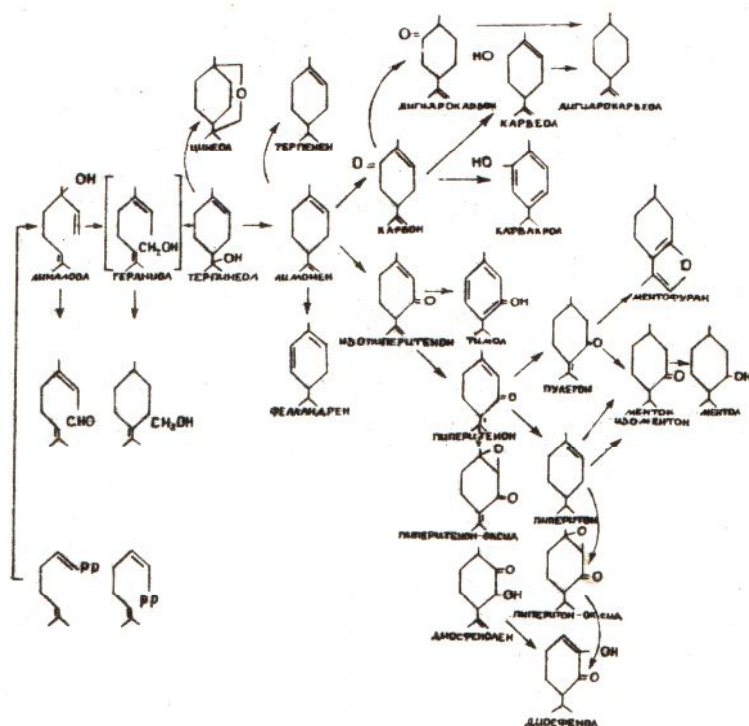


Рис.1. Схема биосинтеза терпеноидов у мяты.

Целью настоящего исследования явилось уточнение путей биосинтеза С-3 окисленных терпеноидов, конечным этапом которых является синтез циклического спирта – ментола.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили культивируемые полиплоидные формы мяты, полученные в результате обработки колхицином видов *M. canadensis* (K59, K60) и *M. piperita* (A₂). А также дикорастущие виды мяты *M. spicata* L., *M. aquatica* L., *M. longifolia* L. (Nath.) и др.

Для получения полиплоидных форм мяты проводилась обработка 0,25% водным раствором колхицина в течение 24 часов укорененных стеблевых черенков растений мяты. Для подтверждения полиплоидной природы полученных растений определялся размер устьиц и пыльцевых зерен, а также подсчитывалось соматическое число хромосом.

Массовая доля эфирного масла в воздушно-сухих листьях и соцветиях определялась методом А.С. Гинзберга [11] с последующим пересчетом на абсолютно сухую массу. Состав эфирного масла исследовался методом газожидкостной хроматографии на приборах Хром-3 и Хром-4. Колонка стальная, длина 3,2 м, внутренний диаметр 3 мм. Неподвижная жидкая фаза карбовакс 20М (15%) на хроматоне N-AW- DMCS), 125-160 мм, P_{He} = 2,5 атм. Температура

термостата колонки 130 и 170⁰С. Главные компоненты эфирного масла идентифицировали по времени удерживания с использованием чистых веществ. Для идентификации некоторых компонентов проводили их выделение с помощью препаративной хроматографии на колонке и в тонком слое в системе растворителей гексан- этилацетат (7:3) и исследовали методом ИК- и УФ- спектроскопии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные при изучении самоопыленных потомств S₁ и S₂ *M. spicata* использованы для уточнения и дополнения схемы генетического контроля превращения терпеноидов на заключительных этапах, связанных с синтезом ментона и ментола.

Согласно биогенетической схеме Рейтсема [11] пиперитенон является общим предшественником для двух биосинтетических последовательностей :



Хефендель с соавторами [11] с помощью изотопных опытов подтвердили схему Рейтсема, однако они не смогли доказать роль пиперитенона как начального члена предполагаемой последовательности. Анализ полученных данных при изучении линий S₁ пиперитонной формы показал, что пиперитон и пулегон действительно могут иметь один предшественник, поскольку в одних растениях накопление большого количества одного из них ведет за собой почти полное отсутствие, второго, тогда как в других – эти компоненты могут находиться практически в равных количествах. Это подтверждается также наличием у растений одной из этих линий пиперитенона как основного компонента эфирного масла при наличии пиперитона. Полученные данные также показывают, что ментон и изоментон в действительности имеют общий предшественник, которым может являться пиперитон.

Биогенетические взаимоотношения отдельных компонентов эфирного масла были уточнены также с помощью опытов, проведенных при культивировании *in vitro* линий *M. spicata*. Были получены каллусные ткани из листьев линий *M. spicata*, синтезирующих в эфирном масле интактных растений преимущественно пулегон (56,5%) и пиперитон (21,8%). Установлено, что в каллусных тканях накапливалось эфирное масло, однако в значительно меньшем количестве, чем в интактном растении, при этом состав терпеновых компонентов был сходным, но по количественному их содержанию наблюдались различия. Содержание пулегона и пиперитона в эфирном масле, полученном из каллусов, составило 10,8 и 7,4 % соответственно. При этом увеличивалось содержание пиперитона, являющегося предшественником указанных компонентов.

Поскольку биосинтез отдельных компонентов эфирного масла контролируется генетически, специфическая биосинтетическая способность исследуемых линий *M.*

spicata должна быть отражена и в полученных из них каллусных тканях. Однако при генетически детерминированном синтезе отдельных терпенов, реализация генетической информации зависит также и от внешних факторов. Очевидно, условия, складывающиеся при культивировании данных форм мяты *in vitro*, не позволяют осуществляться этой информации на заключительных этапах биосинтеза терпеноидов.

Вопрос о соотношении путей биосинтеза различных предшественников ментола в конкретном растительном материале имеет большое значение в решении задач практической селекции при создании высокоментольных сортов. При гибридизации *M. canadensis* (4n)- генотип RRRR с линиями *M. spicata* генотип rr, синтезирующими в качестве основного компонента различные терпеновые соединения, окисленные при третьем углеродном атоме, – ментон, изоментон, пулегон и оксиперитон, вскрыты генетические механизмы, обуславливающие повышенное накопление ментола у *M. canadensis*, и показана способность данного вида образовывать высокоментольные гибриды с широким набором дикорастущих видов и форм мяты. Самое большое число высокоментольных гибридов – 89,1 и 86,1 % получено при опылении К60 ментонной и оксиперитонной линиями, Довольно большое количество (39,1%) таких гибридов получено и при скрещивании К60 с изоментонной линией, тогда как опыление пулегонной линией приводит к получению незначительного (6,8%) количества высокоментольных гибридов (>60% ментола). Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что в самом материнском растении *M. canadensis* К60 преимущественно действует путь синтеза ментона из пиперитона, тогда как пулегонный путь является менее эффективным. Исходя из данных, полученных при анализе потомства F₁ от скрещивания К60 с изоментонной линией, следует, что у К60 и ее гибридов существует генетический механизм, допускающий изомеризацию изоментона в ментон.

Касаясь непосредственного предшественника изоментона следует отдать предпочтение пиперитону, поскольку дальнейшие превращения пулегона у К60 и ее гибридов происходит менее активно. Обнаружение М. Мареем с соавторами [12] формы, синтезирующей (-) – пиперитон, а также наши собственные данные о наличии в эфирном масле растений, полученных при самоопылении *M. spicata* К65, обоих изомеров пиперитона позволяет считать, что в качестве основного предшественника изоментона у изучаемой группы растений функционирует (-) – пиперитон.

Наличие двух путей биосинтеза ментона и ментола у *M. canadensis* было подтверждено в прямых экспериментах, проведенных нами совместно с С.А. Резниковой и В.С. Родовым [13] по биотрансформации монотерпенов в культуре клеток *in vitro* этого вида. При инкубации ментона происходило его активное восстановление с образованием ментола и неоментола, что подтверждает роль ментона как непосредственного предшественника обоих стереоизомерных спиртов. Клетки *M. canadensis* К60 были способны к восстановлению пулегона и пиперитона с образованием ментона и изоментона и соответствующих им спиртов. При этом максимальный выход продуктов восстановления, среди которых преобладал ментол, был получен при трансформации пиперитона. Пулегон менее активно вовлекался в процесс восстановления. При введении в клеточную суспензию изоментона значительная часть его восстанавливалась и накапливалась

преимущественно ментол. У *M. piperita*, для которой характерен более низкий уровень накопления ментола, напротив, пулегонный путь является основным источником образования этого компонента, тогда как роль пиперитона и изоментона незначительна.

Составление результатов биотрансформации ментона, изоментона, пулегона и пиперитона суспензионной культурой *M. canadensis* с результатами скрещивания этой формы с формами *M. spicata*, накапливающими те же монотерпены, позволяет уточнить присущие ей пути биосинтеза ментола.

Полученные данные хорошо согласуются друг с другом и указывают на преобладание у *M. canadensis* и ее гибридов пиперитонного пути синтеза предшественников ментола. При этом (-)-ментон, по-видимому, синтезируется из (+)-пиперитона, а (+)-изоментон из (-)-пиперитона. В дальнейшем осуществляется ферментативная изомеризация (+)-изоментона в (-)-ментон, превращаемый под влиянием аллеля R в (-)-ментол. Пулегонный путь синтеза ментона также функционирует у *M. canadensis* K60 и ее гибридов, однако его вклад в биосинтез ментола меньше, чем может быть обусловлено гетерозиготностью данной формы по гену Ps, контролирующему перевод пулегона в ментон.



Рис.2. Уточненная схема генетического контроля биосинтеза ментола и его предшественников

Таким образом проведенные эксперименты позволили уточнить схему генетического контроля биосинтеза ментола, в том числе и на этапе превращения пиперитона в ментон и пиперитона в изоментон, обозначенного символами P_t и I_m соответственно. Такая схема представлена на Рис. 2.

ВЫВОД

1. В результате проведенных генетических и биотехнологических исследований установлено, что *M. canadensis* обладает расширенным по сравнению с *M. piperita* возможностями взаимопревращения терпеновых компонентов, обусловленными генетически, что объясняет высокий уровень (до 85%) накопления ментола у этой формы и гибридов, полученных с ее участием.
2. Наличие двух путей (через пиперитон и пулегон) биосинтеза ментона и ментола у *M. canadensis* подтверждено в прямых экспериментах по биотрансформации монотерпенов в культуре клеток *in vitro*.
3. Показано, что у *M. canadensis* и ее гибридов преобладает пиперитонный путь синтеза ментола и его предшественников.

Список литературы

1. Reitsema R.N. A biogenetic arrangement of mint species / R.N.Reitsema // J. Am. Pharmacol. Assoc. – 1958. – V. 47.– P. 267–269.
2. Fujita Y. Problems in the genus *Mentha* (111) / Y. Fujita // Koryp. – 1960. – Vol. 59. – P. 41–42.
3. Battaile J. Biosynthesis of terpenes 11. The site and sequence of terpene formation in peppermint / J. Battaile, W.D. Loomis // Biochim. Biophys. Acta.–1961. Vol. 51.– P.545–552.
4. Loomis W.D. Biosynthesis and metabolism of monoterpenes / W.D. Loomis // In: Terpenoids in plants. – Acad. Press, New York. – 1967. – P. 59–82.
5. Loomis W.D. Biochemistry and physiology of lower terpenoids / W.D. Loomis, R. Croteau // In: Structure, biogenesis, and distribution. Recent advances in Phytochemistry. – Acad. Press, New York and London.– 1973. – Vol. 6. – P. 147–185.
6. Murray M.J. The genetic basis for the conversion of menthon to menthol in Japanese mint / M.J. Murray // Genetics. –1960. – Vol. 45, № 7. – P. 925–929.
7. Hefendehl F.W. Monoterpene composition of a chemotype of *Mentha piperita* having high limonene / F.W. Hefendehl, M.J.Murray // *Planta medica*. – 1973b. – № 2. – P. 101–109.
8. Murray M.J. The genetic basis of acyclic oil constituents in *Mentha citrate* Ehrh. / M.J. Murray, D.E. Lincoln // Genetics. – 1970. – № 65. – P. 457–471.
9. Murray M.J. Genetic observation on *Mentha* oil biogenesis / M.J. Murray // An. Acad. Bras. Science. – 1972. –Vol. 44. – P. 24–33.
10. Lawrence B.M. A study of monoterpene interrelationships in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegone and menthofuran / Lawrence B.M. // Doctoral thesis universiteit the Groningen, Netherlands. – 1978. – 302 p.
11. Hefendehl F.W. The biosynthesis of the originated monoterpenes in mint / F.W. Hefendehl, R.W. Underhill, F. Rudlof // *Phytochemistry*. – 1967. – № 6.– P. 823–835.
12. Murray M.J. Chemogenetic evidence supporting multiple allelic control of the biosynthesis of (-) – menthone and (+) – isomenthone stereoisomers in *Mentha* species / M.J. Murray, D.E. Lincoln, F.W. Hefendehl // *Phytochemistry*. – 1980. – Vol. 19, №10. – P. 2103–2110.
13. Резникова С.А. Генетический контроль биосинтеза терпеноидов у мяты. Сообщение 111. Особенности генетической регуляции биосинтеза ментола у *Mentha canadensis* L. / С.А. Резникова., Л.А. Бугаенко, В.С. Родов // Генетика. – 1985. – Т. XX1, № 1.–С. 95–102.

Бугаенко Л.А. Генетичні і біотехнологічні аспекти уточнення шляхів біосинтезу монотерпеноїдів у м'яги / Л.А. Бугаенко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 66-71.

У статті представлені матеріали, які показують, що у *Mentha caladensis* L. функціонують два шляхи біосинтезу ментола (піпертонний і пулегінний), які підтверджені генетичними дослідженнями і експериментами по біотрансформації монотерпенів в культурі клітин in vitro.

Ключові слова: біосинтез, монотерпени, біотрансформація, in vitro.

Bugaenko L.A. Genetic and biotechnological aspects of specification of ways biosynthesis of monoterpenoids in mint / L.A. Bugaenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 66-71.

The article shows two ways of biosynthesis of menthol in *Mentha canadensis* L. (piperitonic and pulegonic), which have been confirmed by genetic research and experiments on biotransformation of monoterpenes in culture of cells in vitro.

Keywords: biosynthesis, monoterpenes, biotransformation, in vitro.

Поступила в редакцію 12.11.2010 г.

УДК:616.24-072-057.875:612.216.2

КАПНОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ РЕСПИРАТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ И ТЕКУЩЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ

Буков Ю.А., Белоусова И.М.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tnu-fr@rambler.ru*

Исследовано содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у студентов методом капнографии. Выявлены три типа вентиляции, которые характеризовались капнографическими показателями. Показана зависимость между уровнем аэробных возможностей организма студентов и напряжением CO_2 в альвеолах лёгких.

Ключевые слова: капнография, типы вентиляции, студенты.

ВВЕДЕНИЕ

Регистрация содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе, известная как капнография, является одним из эффективных методов исследования респираторной системы. Капнография выдоха позволяет количественно изучить динамику выделения CO_2 из легких и на основании этих данных выявить вид нарушений газообмена углекислоты, определить степень соответствия вентиляции уровню метаболизма, выявить возможности респираторной системы по обеспечению газового гомеостаза организма [1]. Необходимость исследования кинетики CO_2 в организме определяется исключительной физиологической ролью диоксида углерода. Он является уникальным стимулятором центральной нервной системы, сосудистого тонуса, гемодинамики [2]. Растворяясь в артериальной крови, молекулярный CO_2 становится главным фактором в регуляции функций внешнего дыхания, обеспечении кислородного режима организма. Биологическое и метаболическое значение углекислоты для человека заключается в том, что CO_2 играет роль катализатора в реакциях обмена веществ и является мощным регулятором активности многих ферментов [3]. Главной причиной, приводящей к изменению содержания углекислого газа в альвеолах легких, являются респираторные расстройства, к числу которых относятся гипо- и гипервентиляция. Гиповентиляция как правило сопровождается развитием гиперкапнии и респираторного ацидоза. При гипервентиляции отмечается снижение напряжения CO_2 в тканях, формирование состояния гипокапнии и респираторного алкалоза. Все эти метаболические и респираторные сдвиги негативным образом сказываются на функциональном состоянии всего организма.

Капнографические исследования являются достаточно новой областью для медицинской практики и находят своё применение в анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии. Учитывая высокую информативность

метода, капнография также используется в реабилитологии, функциональной диагностике и в мониторинговых исследованиях.

Вместе с тем следует отметить, что применение капнографии в оценке донозологических состояний еще недостаточно изучено. В литературе имеется незначительное число работ, посвященных этой теме [4]. В этой связи целью работы являлось определение возможностей капнографии в диагностике функционального состояния организма студентов и выявления вентиляторных расстройств, приводящих к ограничению приспособительных возможностей обследуемых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 30 студентов мужского пола в возрасте 18-20 лет капнографическим методом определяли концентрацию углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Регистрация количественных показателей CO_2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя в течение 3 минут, а также после выполнения нагрузочного теста в виде ступенчато-повышающейся нагрузки на велоэргометре. Первоначальная нагрузка составляла 50 Вт при скорости педалирования 60 об/мин в течение 3 минут. В последующем нагрузку увеличивали до 100, 150 и 200 Вт. Регистрировали следующие показатели: частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), показатель инспираторной нагрузки как соотношение длительности фаз вдоха и выдоха (T_I/T_E , отн.ед.), показатель неравномерности дыхания (НД, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции ($V_d/VE, \%$), конечно-экспираторное парциальное давление CO_2 , ($P_{ET}CO_2$, мм рт.ст.). По уровню $P_{ET}CO_2$ выделяли: гипокапнический тип вентиляции – $P_{ET}CO_2$ менее 35 мм рт.ст.; гиперкапнический тип вентиляции – $P_{ET}CO_2$ более 45 мм рт.ст.; нормакапнический тип вентиляции – $P_{ET}CO_2$ от 35 до 45 мм рт.ст. Уровень работоспособности определяли по индексу PWC_{170} с последующим расчетом показателей аэробных возможностей организма (МПК, л/мин, МПК/кг, мл/мин/кг) [5]. Статистическая обработка полученных результатов исследований проводилась с использованием параметрических и непараметрических критериев [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании анализа капнограмм были выделены три группы обследуемых по показателям $P_{ET}CO_2$ с определением типа вентиляции (табл. 1).

Таблица 1

Распределение обследуемых по типу вентиляции

ПОКАЗАТЕЛИ	ТИП ВЕНТИЛЯЦИИ		
	<i>нормакапнический</i> <i>n=12</i>	<i>гиперкапнический</i> <i>n=6</i>	<i>гипокапнический</i> <i>n=12</i>
$P_{ET}CO_2$	42,4±3,1	50,7±2,1	31,2±1,8

Как видно из представленных результатов у 12 студентов был определен нормокапнический тип вентиляции с показателями конечно-экспираторного парциального давления CO_2 в пределах $42,4 \pm 3,1$ мм рт.ст. Для 6 студентов характерным являлся гиперкапнический тип вентиляции, при этом значения P_{ETCO_2} не превышали $50,7 \pm 2,1$ мм рт.ст. Третью группу составили студенты с гипокапническим типом вентиляции с показателями P_{ETCO_2} в пределах $31,2 \pm 1,8$ мм рт.ст. Основным регулятором $p\text{CO}_2$ в альвеолах легких является уровень альвеолярной вентиляции. Гипервентиляция или избыточная легочная вентиляция по отношению к текущим потребностям организма приводит, как известно, к снижению $p\text{CO}_2$. Ретенции CO_2 в организме способствует гиповентиляция. Обеспечение нормокапнии связано с нормовентиляцией. Таким образом, студенты первой группы характеризовались оптимальными параметрами вентиляции, обеспечивающими нормокапнический уровень $p\text{CO}_2$. Для второй группы студентов свойственным являлась гиповентиляция, приводящая к росту P_{ETCO_2} , а у студентов третьей группы диагностировали гипервентиляцию с низкими значениями $p\text{CO}_2$ в конце выдоха. Помимо величин напряжения CO_2 в конце выдоха исследовались и другие капнографические показатели. (табл. 2).

Таблица 2

Капнографические показатели у обследуемых студентов с различными типами вентиляции

ПОКАЗАТЕЛИ	ТИП ВЕНТИЛЯЦИИ		
	нормокапния	гиперкапния	гипокапния
ЧД, цик./мин	$16,8 \pm 0,8$	$13,2 \pm 1,2^{**}$	$24,2 \pm 1,6^{**}$
T_I/T_{E_2} отн.ед.	$0,8 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,04^{**}$	$1,3 \pm 0,08^{**}$
НД, %	$9,2 \pm 1,3$	$6,8 \pm 1,2$	$44,0 \pm 3,4^{**}$
Vd/VE, %	$24,8 \pm 2,2$	$25,2 \pm 2,0$	$32,4 \pm 2,8^{**}$

Примечание: ** – различия достоверны, относительно показателей 1 группы, ($p < 0,01$). ЧД по t-критерию Стьюдента. Остальные показатели по t-критерию Уайта.

Из проведенных данных следует, что каждому типу вентиляции соответствовали определенные параметры капнограммы. Так, наиболее существенные сдвиги в показателях капнограммы зарегистрированы у студентов с гипокапническим типом вентиляции. Сформировавшийся тахипноический тип дыхания с частотой дыхательных движений более 24,0 цикл/мин, ($p < 0,01$) приводил у них к значительному увеличению инспираторной активности. Соотношение T_I/T_E при этом достигало значений 1,3 отн.ед., ($p < 0,01$), что можно связать с проявлениями признаков гипервентиляционного синдрома. Доля альвеолярной вентиляции составляла около 65 % дыхательного объема, что соответствовало нижней границе физиологической нормы. Интегральную оценку функционального состояния организма можно провести по параметру неравномерности дыхательного цикла [1]. У студентов с гипокапническим типом вентиляции НД

составлял 32,4 %, ($p < 0,01$), что можно классифицировать как состояние выраженного психоэмоционального напряжения. Для студентов с гиперкапническим типом вентиляции характерным являлись брадипное, снижение инспираторной нагрузки, показатель T_I/T_E составлял в среднем 0,5 отн.ед., ($p < 0,01$), увеличение доли альвеолярной вентиляции до 25,2% дыхательного объёма, ($p < 0,01$) и снижение величины НД до 6,8, ($p < 0,01$), относительно студентов с гиперкапническим типом вентиляции. У студентов с нормакапническим типом вентиляции все исследуемые показатели находились в пределах физиологической нормы.

Таким образом, капнографические исследования позволили выявить различные типы вентиляции у студентов, определить возможности системы внешнего дыхания по обеспечению газового гомеостаза, оценить функциональное состояние обследуемых.

Изменения газообмена углекислоты у обследуемых с различным типом вентиляции, очевидно, сказывалось и на их приспособительных возможностях. Как известно, интегральным показателем адаптационных резервов организма, его энергетического потенциала является максимальная скорость потребления кислорода (МПК). При этом существенное влияние на все виды обмена веществ в организме оказывает величина напряжения CO_2 в тканях, являющаяся одной из физиологических констант организма. Возможно, уровень pCO_2 является фактором, лимитирующим приспособительные возможности, оказывая регулирующее влияние на активность аэробного звена энергообеспечения. В этой связи, представляет практическое значение выявление взаимосвязи параметров $P_{ET}CO_2$ с показателями аэробных возможностей организма (рис. 1).

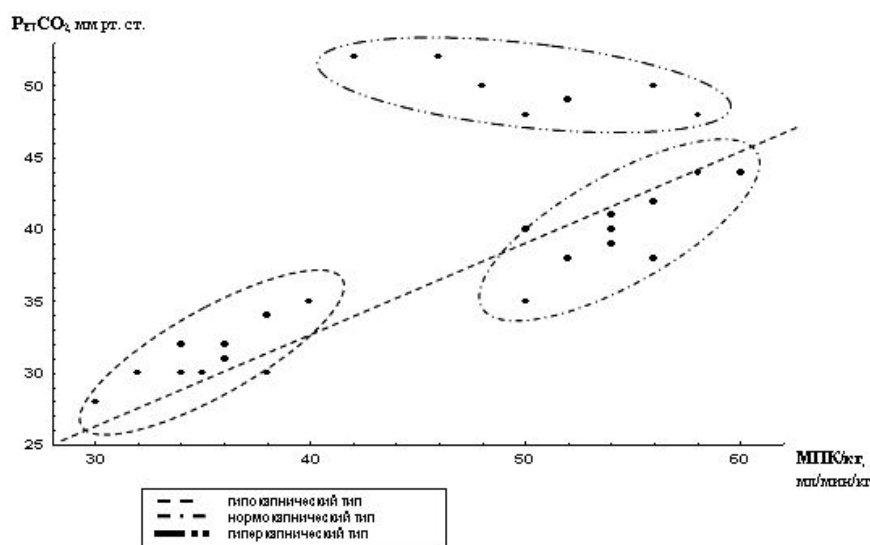


Рис. 1. Взаимосвязь показателей напряжения CO_2 в конце выдоха ($P_{ET}CO_2$) с величиной аэробных возможностей организма студентов (МПК/кг), обладающими различными типами вентиляции.

Как следует из представленных результатов существует ярко выраженная взаимосвязь между уровнем аэробных возможностей и величиной напряжения CO_2 в выдыхаемом воздухе, которая носит линейный характер в определенном диапазоне изменений P_{ETCO_2} . Как правило, лица с гипокапническим типом вентиляции обладают низкими показателями физической работоспособности. В наших исследованиях у этой группы студентов параметры МПК/кг не превышали значений 36,5 мл/мин/кг. С ростом $p\text{CO}_2$ в выдыхаемом воздухе и переходом вентиляции на нормакапнический тип отмечено увеличение аэробных возможностей до 56,0 мл/мин/кг, ($p < 0,01$). Вместе с тем следует обратить внимание на группу студентов, имеющих гиперкапнический тип вентиляции. Для них характерным являлся достаточно высокий уровень аэробных возможностей – 52,4 мл/мин/кг.

Как известно, брадипное и гиперкапнический тип вентиляции у нетренированных людей является показателем наличия обструктивных нарушений в бронхах. У обследуемых нами студентов третьей группы не выявлено каких-либо изменений, влияющих на бронхиальную проходимость. Анамнестические данные показали, что большая часть из этих студентов является спортсменами, занимающимися циклическими видами спорта, связанными с развитием выносливости.

Очевидно, систематические тренировки с использованием аэробных физических упражнений способствовали перестройке паттерна дыхания в сторону его экономизации, что и проявилось формированием брадипноического типа дыхания. Кроме того, аэробные физические нагрузки сопровождаются ростом продукции метаболической углекислоты, часть которой аккумулируется в организме, повышая напряжение CO_2 в альвеолярном газе [7].

Таким образом, капнография является информативным методом оценки вентиляторных возможностей системы внешнего дыхания, а также позволяет диагностировать функциональное состояние организма, его приспособительные резервы.

ВЫВОД

1. Капнография представляет собой один из эффективных методов исследования не только респираторной системы, но и позволяет с высокой степенью надежности диагностировать функциональное состояние организма, его приспособительные возможности.
2. С использованием метода капнографии выявлены различные типы вентиляции. У 12 волонтеров диагностировали нормакапнический тип вентиляции с величинами P_{ETCO_2} в пределах $42,4 \pm 3,1$ мм рт.ст., у 6 – гиперкапнический тип вентиляции, который характеризовался повышением уровня P_{ETCO_2} до $50,7 \pm 2,1$ мм рт.ст. ($p < 0,01$), а у 12 студентов выявлен гипокапнический тип вентиляции со значениями P_{ETCO_2} , равными $31,2 \pm 1,8$ мм рт.ст., ($p < 0,01$). Для лиц с гипокапническим типом вентиляции характерным являлось психоэмоциональное напряжение, о чем свидетельствует высокое значение показателя неравномерности дыхания 32,4 %, ($p < 0,01$).
3. Выявленные типы вентиляции оказывали значительное влияние на приспособительные возможности организма студентов. Наиболее высокими показателями энергетического потенциала обладали лица с нормакапническим и

гиперкапническим типами вентиляции. Для лиц с гипокапническим типом вентиляции свойственным являлось снижение показателей аэробных возможностей до $36,5 \pm 1,8$ мл/мин/кг, ($p < 0,01$).

Список литературы

1. Бяловский Ю.Ю. Капнография в общей врачебной практике / Ю.Ю. Бяловский, В.Н. Абросимов. – Рязань.: Дело, 2007. – 142 с.
2. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов. – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
3. Агапов Ю.Я. Кислотно-щелочной баланс / Юрий Яковлевич Агапов. – М.: Медицина, 1968. – 184 с.
4. Зуйкова О.А. Капнометрия и исследование функций внешнего дыхания в диагностике дисфункционального дыхания у беременных / О.А. Зуйкова // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2006. – № 4. – С.87–91.
5. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Игорь Викторович Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
6. Урбах В.Ю. Биометрические методы / Владимир Юрьевич Урбах. – М.: Наука, 1964. – 415 с.
7. Агаджанян Н.А. Физиологическая роль углекислоты и работоспособность человека / Агаджанян Н.А., Красников Н.П., Полунин И.П. – М.: Из-во Университета Дружбы народов, 1995. – 188 с.

Буков Ю.О. Капнографія в оцінці респіраторних порушень та поточного функціонального стану студентів / Ю.О. Буков, І.М. Белоусова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 72-77.

Досліджений зміст вуглекислого газу в повітрі, що видихається у студентів методом капнографії. Виявлено три типи вентиляції, які характеризувалися капнографічними показниками. Показана залежність між рівнем аеробних можливостей організму студентів і напругою CO_2 в альвеолах легенів.

Ключові слова: капнографія, типи вентиляції, студенти.

Bukov Y. Capnography in the extimation of respiratori disorders and current functional condition in students / Y. Bukov, I. Beloysova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 72-77.

Carbon dioxide content in student's exhalatise air thas investigated by the method of capnography. According to cahnographic data, three types of ventilation were determined. Dependence between aerobic resacrces and partial pressure of CO_2 in lund's alveoli was demopetrated.

Keywords: capnography, ventilation types, student's.

Поступила в редакцию 9.12.2010 г.

УДК 574: (- 056.32)

**МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: ПЕРВЫЕ ШАГИ
АПРОБАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА
ТЕРРИТОРИИ КРЫМА**

Евстафьева Е.В., Овсянникова Н.М.

*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь,
Украина
E-mail: nataly@csmu.strace.net*

Описаны принципы использования методов многомерного статистического анализа в количественной оценке влияния факторов окружающей среды на здоровье человека. Оценены возможности и перспективы использования кластерного, факторного и множественного регрессионного анализов для решения задач экологической физиологии, а также нейросетевого подхода в описании зависимости «доза – время – эффект».

Ключевые слова: многомерный статистический анализ, факторы окружающей среды, здоровье человека.

В последние годы медицина и биология вступили в новую фазу своего развития. Накопление огромных массивов количественных данных и доступность вычислительной техники усилило математизацию этих научных сфер. На базе накопленных фактов исследуются количественные закономерности биологических процессов, создаются математические модели исследуемых явлений и объектов, а применение математической статистики в работах медико-биологического направления даёт возможность решить вопрос о мере достоверности получаемых результатов [1]. При этом роль используемых статистических методов двояка. С одной стороны они помогают обнаруживать ранее неизвестные закономерности, с другой стороны – с их помощью авторы проверяют достоверность априорно формулируемых гипотез. Однако некорректность применения статистики, использование авторами методов, не адекватных задачам исследования даже на одном из этапов работы, делает весьма сомнительными, а иногда просто несостоятельными выводы [2]. В связи с этим применение математического аппарата в решении медико-биологических задач, значительно расширяя возможности исследователей в оценке и интерпретации получаемых результатов, требует корректного их использования и соответствующей математической «грамотности» медиков и биологов, в особенности, когда речь идет о наиболее сложных областях научно-практического знания.

К числу таких научных направлений относится экология человека, в особенности тот ее раздел, где производится количественная оценка влияния факторов окружающей среды на здоровье человеческой популяции. Для решения

этой задачи необходимо использование многомерных методов вариационной статистики, с помощью которых будет производиться не только сложная сама по себе количественная оценка экологической ситуации, количественная оценка здоровья человеческой популяции, но оценка взаимодействия этих многомерных массивов данных.

Уровень сложности решаемых в этой области задач может существенно различаться и требовать достаточно высокой компетентности исследователя не только в области математической статистики, но и математического моделирования [3], что часто затрудняет, а иногда делает невозможной корректную оценку влияния окружающей среды на здоровье населения и ограничивает число реально решаемых задач [4].

Среди них выявление экологической обусловленности заболеваний представляет в последнее время исключительный интерес в связи с увеличением экологического риска для здоровья и необходимостью принятия действенных мер по его снижению. Оценка здоровья населения в связи с экологической ситуацией возможна при проведении натуральных (мониторинговых) исследований различного уровня: глобального, регионального, субрегионального, локального. Каждый из них позволяет решать различные задачи: региональный мониторинг здоровья и экологической ситуации дает возможность интегральной оценки здоровья на крупномасштабных территориях; субрегиональный – позволяет оценить специфику состояния здоровья на отдельных территориях, определить приоритетные по влиянию на здоровье факторы окружающей среды. Именно в результате таких исследований возможна объективная количественная оценка техногенного воздействия на организм [5].

Количественная интерпретация результатов мониторинга должна включать: общую характеристику пространственно-временной изменчивости состояния окружающей среды и здоровья; выявление приоритетных по степени негативного воздействия на здоровье и распространенности в окружающей среде экологических факторов и оценку силы и характера их влияния на организм; прогнозирование изменений в состоянии здоровья населения в связи с изменением экологической ситуации [5-7].

В свое время методологические основы и методические подходы к такого рода мониторинговым исследованиям были разработаны и изложены в [6]. Изложение результатов внедрения некоторых из них с использованием соответствующего математического аппарата в крымском регионе и явилось целью настоящей статьи.

Региональные мониторинговые исследования в настоящее время проводятся в следующих направлениях: количественная оценка экологической ситуации; оценка состояния здоровья населения в целом по Крыму и на отдельных территориях; оценка влияния факторов среды на здоровье выборочных контингентов городского и сельского населения.

Для количественной оценки экологической ситуации освоены и апробированы рекомендованные Европейской конвенцией о трансграничных переносах атмосферных загрязнителей методики расчета допустимых критических нагрузок и их превышений загрязнителями (тяжелыми металлами, окислами азота и серы,

пестицидами) с учетом природных особенностей региона и влияния на здоровье человека [8]. С использованием геоинформационных технологий произведено картографирование критических нагрузок тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть) для лесных и сельскохозяйственных территорий АР Крым для координатной сетки 5x5 км. Пример такого картографирования приведен на Рис. 1. Совместно с Республиканским Комитетом по охране окружающей природной среды произведено определение фактических выпадений тяжелых металлов на территории южного региона Крыма (рис. 2) и оценка превышений допустимых нагрузок (рис. 3).



Рис. 1. Критические нагрузки кадмия на экосистемы АР Крым.

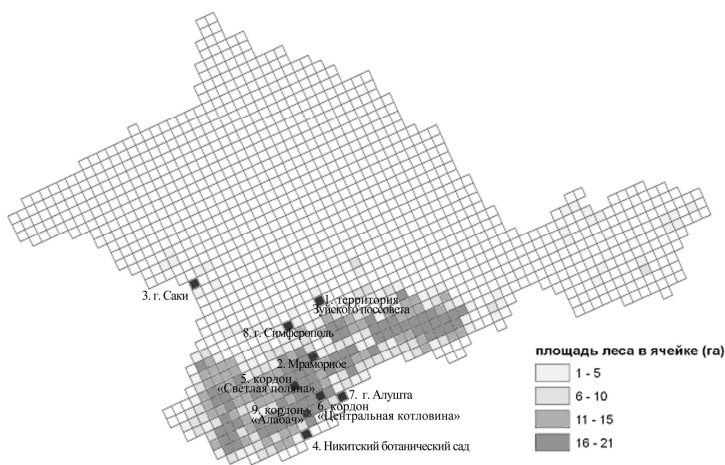


Рис. 2. Расположение экспериментальных площадок для определения превышений критических нагрузок в южном регионе АР Крым.

Для интегральной количественной оценки состояния здоровья населения Автономной республики Крым проанализированы временные и пространственные распределения заболеваемости и выявлены территории первоочередной оценки риска для здоровья [9]. Примеры такого временного и пространственного анализа приведены на Рис. 4-5.

Таким образом, мониторинговые исследования такого регионального и субрегионального уровня позволили в целом дать интегральную характеристику состояния здоровья на территории Автономной республики Крым и оценить экологическую ситуацию пока только в основном в отношении наиболее опасных тяжелых металлов и не для всей территории Крыма.

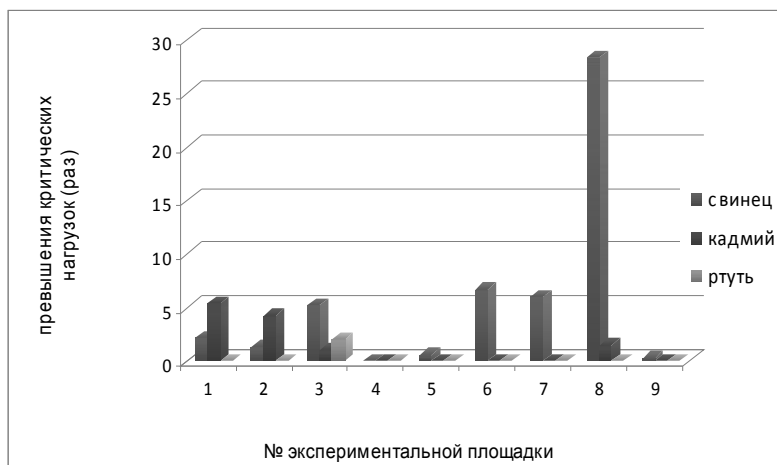


Рис. 3. Превышения критических нагрузок на экспериментальных площадках.



Рис. 4. Временной анализ заболеваемости на территории АР Крым

Динамика болезненности в 90-х годах

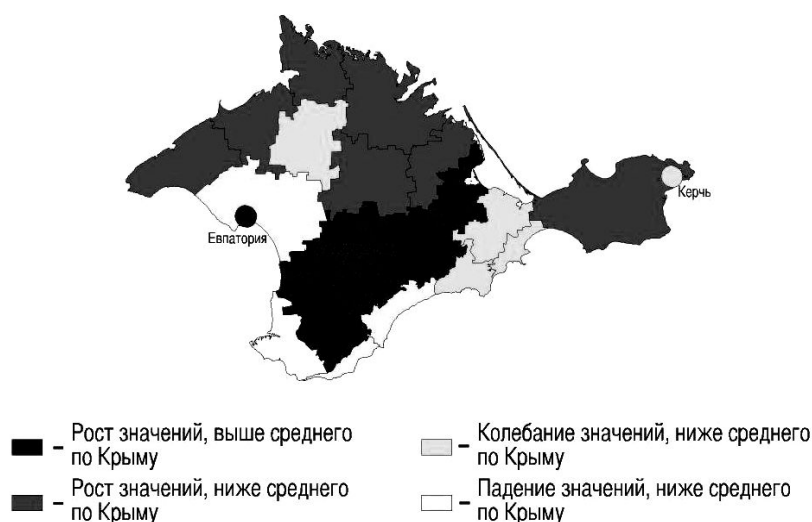


Рис. 5. Пространственный анализ заболеваемости на территории АР Крым.

Оценка влияния экологической ситуации на здоровье требует использования многомерного статистического анализа [10]. На сегодняшний день в исследовании многомерных признаков пространств выделяют три основных направления: задачи многомерной классификации, сжатое представление данных и статистическое исследование зависимостей [10].

Разнообразные задачи многомерной классификации, или разделение выборочной совокупности объектов в многомерном пространстве, осуществляются методами кластерного или дискриминантного анализа. Их решение позволяет разделить весь массив данных на отличающиеся между собой, но однородные внутри, группы, основываясь на значениях внутри- и межгрупповых дисперсий.

Кластерный анализ – это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается набором исходных переменных. Целью кластерного анализа является образование групп схожих между собой объектов, которые принято называть кластерами.

Необходимость развития методов кластерного анализа и их использования продиктована прежде всего тем, что они помогают построить научно обоснованные классификации, выявить внутренние связи между единицами наблюдаемой совокупности. Кроме того, методы кластерного анализа могут использоваться с целью сжатия информации, что является важным фактором в условиях постоянного увеличения и усложнения потоков статистических данных.

Преимущество кластеризации в решении задач экологической физиологии заключается в том, что разделение на группы и последующее сравнение осуществляется не по какому-либо одному показателю, а по всему их набору [7].

Метод кластерного анализа был применен при анализе данных медицинской статистики по заболеваемости населения Автономной республики Крым за период 1993-2008 гг.

Для выполнения кластеризации в кластерном анализе используются следующие методы: Joining (tree clustering) (древовидная кластеризация), K – means clustering (метод K средних), Two-way joining (двухходовое объединение).

Методом древовидной кластеризации районы Крыма разделились на три кластера, достоверно отличающихся друг от друга по структуре и уровню заболеваемости (высокая, средняя и низкая степени) (рис. 6). Интересно отметить, что в первый кластер с высоким уровнем заболеваемости и одинаковым нозологическим профилем вошли Симферополь, Евпатория и Ялта.

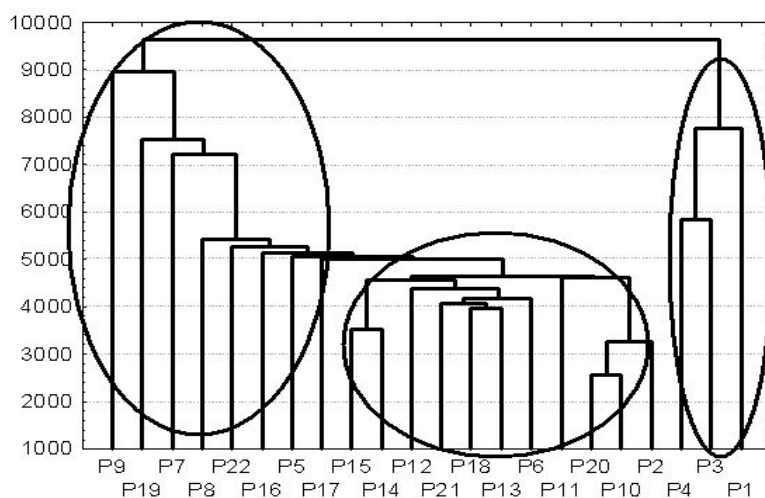


Рис. 6. Древовидная кластеризация территории АР Крым по заболеваемости в регионах (P1–P21).

Второе направление в исследовании многомерных признаков пространств, – сжатое представление данных, – используется для уменьшения объема информации в многомерных моделях как по числу объектов, так и по числу признаков и выделения подмножества наиболее значимых признаков из их исходного множества. Это предположение исходит из гипотезы о наличии в них определенных внутренних закономерностей, в качестве внешних проявлений которых выступают наблюдаемые признаки. С этой целью используют факторный анализ (ФА).

В современной статистике под факторным анализом понимают совокупность методов, которые на основе реально существующих связей признаков (или

объектов) позволяют выявлять латентные обобщающие характеристики организационной структуры и механизма развития изучаемых явлений и процессов.

ФА последовательно решает две взаимосвязанные задачи: 1) сжимает исходный массив эмпирических данных, выражая их в терминах относительно небольшого числа независимых переменных (факторов); 2) вскрывает функциональные зависимости между исходными признаками, описывая сходство и различие в терминах выделенных факторов [11].

В задаче мониторинга ФА может быть использован именно как метод отбора переменных, наиболее адекватно отображающих ту информацию, которая содержится во всем наборе близких по характеру групп показателей [7].

Техника ФА направлена на оценку факторных нагрузок и специфических дисперсий. Чем выше абсолютное значение факторной нагрузки, тем теснее связь соответствующей переменной с данным фактором, тем больше ее вес в его структуре. Тем самым совокупность факторных нагрузок конкретной переменной по всем выделенным факторам свидетельствует о том, какая доля вариации данной переменной вызвана каждым фактором [11].

Для выявления факторов, наиболее существенно влияющих на заболеваемость населения АР Крым, весь массив данных медицинской статистики был подвергнут факторному анализу. Он был произведен для каждого кластера в отдельности и позволил определить количество гипотетических факторов, значимо влияющих на структуру заболеваемости в каждом кластере и факторные нагрузки. Для примера приведены критерий отбора числа значимых факторов (рис. 7) для 1-го кластера. Как следует из рисунка, уровень заболеваемости в первом кластере обусловлен двумя факторами. При этом один из них, судя по его величине, играет определяющую роль.

Факторный и кластерный анализы были использованы и другими авторами в задачах количественной оценки экологического риска: многофакторный анализ канцерогенной опасности радона [12], комплексная оценка состояния здоровья населения и контроля качества объектов окружающей среды [13, 14], анализе влияния экологических факторов на здоровье населения [15-18].

Третье направление – статистическое исследование зависимостей используется для исследования характера и структуры взаимосвязей, существующих между анализируемыми показателями. К этому направлению относятся методы регрессионного, корреляционного, дисперсионного и ковариационного анализа, которые используют в настоящее время чаще всего для решения задач на локальном уровне мониторинговых исследований.

В задачах экологической физиологии и экологического нормирования, решаемых на этом уровне, оценка влияния отдельных загрязнителей на организм человека часто производится по величине простых корреляционных связей. Так, на территории АР Крым с использованием корреляционного анализа произведено исследование влияния тяжелых металлов на функционирование нервной, вегетативной, иммунной и сердечно-сосудистой систем детей и взрослых в г. Симферополе и на промышленно загрязненной территории Северного Крыма [19,

20], который позволил обнаружить нейро-, вегето-, кардио- и иммунотропные эффекты отдельных металлов.

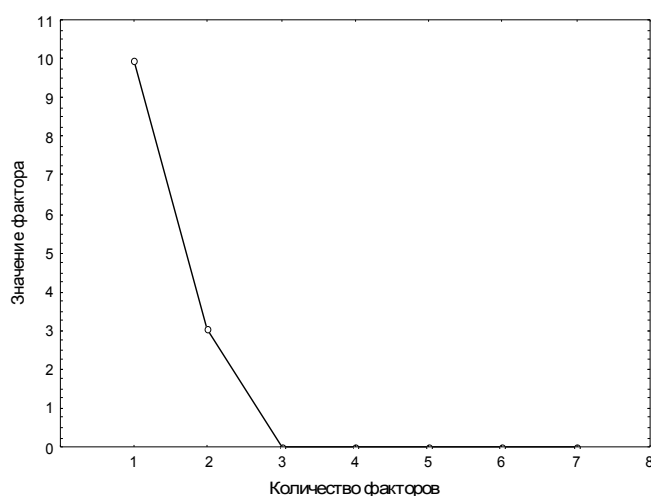


Рис. 7. Количество значимых факторов для 1-го кластера.

В то же время в реальных условиях организм подвергается одновременному воздействию множества факторов среды и каждый из показателей здоровья обычно связан не с каким-либо одним из загрязнителей, а с их «набором». Известно, что их комплексное действие может иметь синергический, антагонистический и аддитивный характер [6]. В этой связи возникает проблема выбора такого подмножества загрязнителей, которые наиболее значимо влияют на тот или иной показатель. Для решения такого рода задач используют множественный регрессионный анализ (МРА). Оптимальным набором регрессоров следует считать тот, который обеспечивает объяснение наиболее существенной доли дисперсии изучаемого показателя [7].

В рамках эколого-физиологического мониторинга, проводимого в АР Крым, посредством МРА оценено действие комплекса токсичных и эссенциальных металлов на состояние иммунитета [21].

Результаты анализа позволили выявить достоверное влияние комплекса указанных металлов на отдельные показатели и, в целом, состояние иммунной системы детей и взрослых. Суммарный эффект влияния металлов был более весомым и существенно отличался от их индивидуального действия, о чем свидетельствовала большая величина R-коэффициентов множественной регрессии по сравнению с β -коэффициентами регрессии, которые отражают вклад отдельного металла в комплексное действие (табл. 1). Кроме того, направленность влияния (прямые или обратные связи) в ряде случаев свидетельствовала об антагонистических отношениях между токсичными и эссенциальными металлами, а в некоторых случаях – о потенцировании совместного действия.

Таблица 1
Данные множественного регрессионного анализа показателей иммунной системы и содержания металлов в волосах детей в возрасте 1-6 лет

Показатели иммунной системы	Коэффициент множественной корреляции, R	Коэффициенты регрессии для отдельных металлов (β -коэффициенты)				
		Pb	Cd	Zn	Cu	Hg
О-лимф. (относ. кол.)	0,609 p<0,09				-0,595 p<0,01	
CD3	0,619 p<0,07					0,644 p<0,02
CD3 (относ. кол.)	0,785 p<0,002				0,734 p<0,0003	0,542 p<0,01
CD4	0,635 p<0,06					0,674 p<0,01
CD4 (относ. кол.)	0,631 p<0,06	0,545 p<0,02				
CD8	0,612 p<0,08					0,571 p<0,03
CD8 (относ. кол.)	0,691 p<0,02		-0,581 p<0,03		0,814 p<0,001	
Лейкоциты	0,792 p<0,001					0,787 p<0,001
IgM	0,581 p<0,09	0,526 p<0,03				
Палочко-ядерные нейтрофилы	0,628 p<0,07		0,724 p<0,01			

По результатам МРА были составлены уравнения множественной регрессии для выявленных достоверных коэффициентов множественной регрессии. Такие математические модели могут иметь практический интерес в решении задач прогнозирования состояния здоровья при воздействии негативных факторов окружающей среды.

Метод МРА широко использовался и другими авторами в эколого-физиологических и гигиенических исследованиях: в гигиенической оценке формирования суммарного риска популяционному здоровью на урбанизированных территориях [22], в комплексной оценке состояния здоровья населения [13], в экологическом мониторинге оценки и контроля качества объектов окружающей среды [14, 23], в оценке комплексного влияния токсичных металлов на иммунную систему детей и взрослых, проживающих на урбанизированной и промышленно загрязненной территориях [24-26].

ВЫВОД

Таким образом, апробация выше изложенных подходов количественной оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье человека на территории Автономной республики Крым позволила получить некоторые предварительные результаты о влиянии факторов окружающей среды и показала перспективность их дальнейшего использования в последовательном решении задач мониторинговых исследований различного уровня. Перспективным направлением в развитии применения методов многомерного анализа и их привлечение к решению региональных медико-экологических задач может явиться нейросетевой подход [27] и динамическое моделирование [2].

Список литературы

1. Кобринский Б.А. Принципы математико-статистического анализа данных медико-биологических исследований / Б.А. Кобринский // Росс. Вестник перинатологии и педиатрии – 1996. – №4. – С. 60–64.
2. Леонов В.П. Применение статистики в медицине и биологии: анализ публикаций 1990-1997 гг. Деп. ВИНТИ 23.01.98Х9 179-В98 / В.П. Леонов, П.В. Ижевский – ГНЦ РФ Институт биофизики М. – 1998. – 37 с.
3. Hettelingh J-P. Progress in the modelling of critical thresholds, impacts to plant species diversity and ecosystem services in Europe / Hettelingh J-P., Posch M., Slootweg J. – LRTAP. – 2009 – 128 p.
4. Антомонов М.Ю. Математичне забезпечення гігієнічних досліджень / М.Ю. Антомонов // Довкілля та здоров'я. – 2001. – №2. – С.57–58.
5. Евстафьева Е.В. Методологические основы и методологические подходы к экологическому нормированию техногенного воздействия на организм человека / Е.В. Евстафьева // Таврический медико-биологический вестник. – 2001. – Т. 4, № 4. – С. 7–11.
6. Евстафьева Е.В. Физиологическое и биохимическое обоснование проблемы адаптации человека к различным условиям среды обитания : автореф. дис. ...д.б.н.. / Е.В. Евстафьева– М.: УДН, 1996. – 32 с.
7. Опополь Н. Эколого-гигиенический мониторинг: проблемы и решения / Н. Опополь, Р. Коробов – Кишинев, 2001. – 240 с.
8. Hettelingh JP. Heavy Metal Emissions, Depositions, Critical Loads and Exceedances in Europe / JP.Hettelingh, J.Sliggers (eds) – LRTAP. – 2005 – 94 p.
9. Использование геоинформационных технологий в анализе пространственной неоднородности заболеваемости / Е.В. Евстафьева, А.А. Артов, М.Г. Щеголева [и др.] // Таврический медико-биологический вестник. – 2001. – Т. 4, № 4. – С. 91–96.
10. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: Справочник / Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 182с.
11. Репин С.В. Математические методы обработки статистической информации с помощью ЭВМ. / С.В. Репин, С.А. Шейн – Минск : Университетское – 1990. – 128 с.
12. Лежин В.Л. Метод многофакторного анализа канцерогенной опасности радона / В.Л. Лежин, Е.В. Ползик, В.С. Казанцев // Гигиена и санитария. – 2008. – №1. – С. 79–82.
13. Мусийчук Ю.И. Опыт комплексной оценки состояния здоровья населения Санкт-Петербурга / Ю.И. Мусийчук, О.П. Ломов, В.М. Кудрявцев // Гигиена и санитария. – 2008. – №2. – С.15–17.
14. Руш Е.А. Экологический мониторинг : методы многомерного статистического анализа оценки и контроля качества объектов окружающей среды Приангарья / Е.А. Руш, А.Ю. Давыденко // Инженерная экология. – 2006. – № 5. – С. 3–26.
15. Полоусова Г.Ю. Статистический анализ влияния экологических факторов на здоровье населения Тульской области : автореф. дис. ... к.э.н. / Г.Ю. Полоусова – 2003. – 20 с.
16. Evaluation of xenobiotic impact on urban receiving waters by means of statistical methods / A. Musolff, S. Leschik, MT. Schafmeister [et al.] // Water Sci Technol. – 2010. – Vol. 62(3) – P. 684–692.

17. Characterization of trace metals of risk to human health in airborne particulate matter (PM2.5) at two sites in Guadalajara, Mexico / H. Saldarriaga-Nore, L. Hernandez-Mena, M. Ramirez-Mu [et al.] // *Environ Monit.* – 2009. – Apr;11(4) – P. 887–894.
18. Some potential hazardous trace elements contamination and their ecological risk in sediments of western Chaohu Lake, China / LG. Zheng, GJ. Liu, Y. Kang [et al.] // *Environ Monit Assess.* – 2010. – Jul;166(1-4), P. 379–386.
19. Євстаф'єва І.А. Особенности функціонального стану центральної нервової та серцево-судинної систем в зв'язі з вмістом важких металів в організмі підлітків : дисс...к.б.н. / І.А. Євстаф'єва – Симферополь, 2003. – 130 с.
20. Слюсаренко А.Е. Імунологічна реактивність організму в різних умовах техногенного забруднення середовища важкими металами : дисс...к.б.н. / А.Е. Слюсаренко – Симферополь, 2003. – 157 с.
21. Овсянникова Н.М. Особенности адаптаційних реакцій людини в зв'язі з вмістом важких металів в організмі / Н.М. Овсянникова // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского.* – 2010. – Т.23 (62). – № 2. – С. 142–151.
22. Боев В.М. Гігієнічна оцінка формування сумарного ризику для здоров'я населення на урбанізованих територіях / В.М. Боев, В.Н. Дунаев, Р.М. Шагеев // *Гігієна і санітарія.* – 2007. – №5. – С. 79–82.
23. Сидоров П.І. Ментальна екологія: від концепцій залежних розладів до системного моніторингу здоров'я / П.І. Сидоров // *Медицина праці та промислова екологія* – 2007. – №2. – С. 1–9.
24. Lead induced DNA strand breaks in lymphocytes of exposed workers: role of reactive oxygen species and protein kinase C. / M.E. Fracasso, L. Perbellini, S. Sold [et al.] // *Mutat Res.* – 2002. – Mar; 515(1-2) – P. 159–169.
25. Muhammad S. Arsenic health risk assessment in drinking water and source apportionment using multivariate statistical techniques in Kohistan region, northern Pakistan / S. Muhammad, M. Tahir Shah, S. Khan // *Food Chem Toxicol.* – 2010. – Oct;48(10) – P. 2855–2864.
26. Sarasua S.M. Serum immunoglobulins and lymphocyte subset distributions in children adults living in communities assessed for lead and cadmium exposure / S.M. Sarasua, R.F. Vogt, L.O. Henderson // *Pediat. Allergy Immunol.* – 2000. – Vol. 8. – P. 161–167.
27. Сердюк А.М. Фактори навколишнього середовища як фактори ризику для здоров'я населення: результати епідеміологічних досліджень, шляхи їх розширення та углублення / А.М. Сердюк, Я.І. Звінячковський, О.В. Бердник // *Врачебное дело.* – 1996. – № 1–2. – С. 3–6.

Євстаф'єва О.В. Багатомірний статистичний аналіз: перші кроки апробації для вирішення медично-біологічних проблем на території Криму / О.В. Євстаф'єва, Н.М. Овсянникова // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 78-88.

Описані принципи використання методів багатомірного статистичного аналізу в кількісній оцінці впливу чинників довкілля на здоров'я людини. Оцінено можливості та перспективи використання кластерного, факторного та множинного регресійного аналізів для вирішення завдань екологічної фізіології, а також нейронного підходу в описі залежності «доза - час - ефект».

Ключові слова: багатомірний статистичний аналіз, фактори навколишнього середовища, здоров'я людини.

Evstaf'eva N. Multivariate statistical analysis: a theoretical overview and first steps of approbation in the Crimea / N. Evstaf'eva, N. Ovsyannikova // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University.* – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 78-88.

Individual psychological determinants of the personality types determined using the Jenkins' questionnaire are described. The coronary-prone type is psychologically characterized basing on the results of correlation and dispersion analyzes. Gender differences between the subjects of the coronary-prone type are shown.

Keywords: type A behavior, coronary-prone personality type, questionnaire by Jenkins.

Поступила в редакцію 18.11.2010 г.

УДК 579.69

**ВЛИЯНИЕ ДНК ГЕННОМИДИФИЦИРОВАННЫХ СОИ GTS 40-3-2
И КУКУРУЗЫ MON810 НА ШТАММЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ
E. COLI O-55 И M-17**

Журба Р.Г.¹, Журба А.Г.², Симчук А.П.³

¹ГП «Крымстандартметрология», Симферополь, Украина

²7-я городская больница, Симферополь, Украина

³Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

E-mail: ecology@crimea.edu

В данной работе освещены результаты исследования по влиянию ДНК некоторых линий ГМО на кишечную палочку *E. coli*. ПЦР анализ колоний, выращенных в присутствии генетически модифицированной ДНК, на наличие определенных последовательностей показал, что колонии одного из исследованных штаммов селективно накапливают некоторые искусственно встроенные участки.

Ключевые слова: генетически модифицированные растения, биоразнообразие.

ВВЕДЕНИЕ

В Картахенском протоколе по биобезопасности к конвенции о биологическом разнообразии говорится, что получение живых измененных организмов, их обработка, транспортировка, использование, передача и высвобождение должны осуществляться таким образом, чтобы не допускались или были уменьшены риски для биологического разнообразия, с учетом также рисков для здоровья человека [1]. Вопрос о ГМО в этом отношении до сих пор остается открытым. Нет существенных доказательств как в пользу вреда, так и в пользу безопасности искусственно созданных растений.

В МУ 2.3.2.2306-07 установлены требования к проведению оценки безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения (ГМО) (в Украине еще подобного документа не разработано) [2]. Одним из требований для регистрации ГМО является то, что информация о заявленных генно-инженерно-модифицированных организмах должна включать характеристику способности к переносу генов в другие организмы (растения, микроорганизмы) [3, 4].

Целью данной работы является исследовать влияние ДНК наиболее распространенных линий ГМО на колонии кишечной палочки, которые являются нормальными обитателями толстого кишечника как человека, так и других теплокровных животных [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась с использованием штаммов кишечной палочки *E. coli* группы O-55 и M-17 и линий ГМО соя GTS 40-3-2 и кукуруза MON810.

Описание сои линии GTS 40-3-2. Линия сои GTS 40-3-2 была произведена компанией “Monsanto Canada Inc.”. Основным требованием при создании данной линии являлась устойчивость к действию гербицидов, используемых для борьбы с сорными растениями. Производство сои GTS 40-3-2 основано на технологии рекомбинантных ДНК посредством вставки глифосат-устойчивой формы гена, фермента 5-enolpyruvylshikimat-3-phosphate synthase (EPSPS). Глифосат-устойчивая форма гена EPSPS была выделена из штамма CP4 бактерии *Agrobacterium tumefaciens* и при помощи биолистического метода введена в геном линии сои A5403 [6].

Глифосат – это основной ингредиент гербицида Roundup, который широко используется во всем мире для борьбы с сорняками. Глифосат действует как конкурирующий ингибитор важнейшего фермента EPSPS, который вовлечен в биохимические пути синтеза таких ароматических аминокислот как фенилаланин, тирозин и триптофан. Ингибирование EPSPS приводит к подавлению роста растения и последующей гибели. Бактериальная же форма этого фермента нечувствительна к глифосату с одной стороны, а с другой – может быть использована при синтезе ароматических аминокислот в растениях. В сое GTS 40-3-2 находится под контролем сильного конститутивного промотора, выделенного из вируса мозаики цветной капусты (CaMV E35S) и терминатора нопалин-синтазы (T-nos), выделенного из *A. tumefaciens* [6].

Последовательность СТР4, выделенная из *Petunia hybrida*, расположенная слева от 5' конца гена CP4EPSPS, кодирует хлоропласт-транзитный пептид (Chloroplast Transit Peptide), при помощи которого вновь синтезированный фермент (EPSPS) импортируется в хлоропласты [8].

Стабильность интегрированного участка в растительном геноме. Литературные данные свидетельствуют о том, что линия GTS 40-3-2 содержит единственную функциональную экспрессионную кассету, содержащую промотор CaMV E35S, последовательность, кодирующую хлоропласт-транзитный пептид, последовательность, кодирующую CP4EPSPS и сигнал полиаденилирования nos (T-nos). Других составляющих плазмидного вектора, кроме экспрессионной кассеты, описанной выше, обнаружено не было. Последующие генерации описанной линии сои не обнаружили дальнейших сегрегаций встроенных генов, что свидетельствует о том, что линия GTS 40-3-2-гомозиготная по встроенному гену. Однако более подробная характеристика данной линии показала, что в ее геноме все же имеются 2 небольшие нефункциональные последовательности, свойственные плазмидному вектору PV-GMGTO4 размером 250 и 72 пары оснований [6].

Описание кукурузы MON810. Кукуруза линии MON810 произведена компанией «Monsanto Canada Inc.» MON810 обладает устойчивостью к насекомым вредителям, а в большей степени к *Ostrinia nubilalis*, что существенно снижает потери урожая кукурузы. Кроме того, при выращивании MON810 нет

необходимости обрабатывать посевы инсектицидами, что уменьшает экологический ущерб. Производство кукурузы MON810 обусловлены вставкой гена, кодирующего натуральный инсектицидный полипептид (ген выделен из *Bacillus thuringiensis* spp. *kurstaki*). Данный полипептид действует на некоторые виды чешуекрылых. Полипептид, экспрессирующийся в MON810, - это несколько урезанная форма инсектицидного полипептида, называемого CRYIA(b) d-эндотоксин, который собственно и обуславливает устойчивость к насекомым-вредителям [6].

B. thuringiensis – это спорообразующая, грамположительная, почвенная бактерия. Во время стадии спорогенеза бактерия продуцирует несколько видов инсектицидных полипептидов, в том числе CRYIA(b) d-эндотоксин. CRYIA(b) d-эндотоксин обладает высокой токсичностью для определенных видов насекомых и совершенно безопасен для человека и других позвоночных, трансформирован одной копией гена *cryIA(b)*, находящегося под контролем сильного конститутивного CaMV E35S промотора и лидирующей последовательности кукурузного интрона HSP70. Последовательность *cryIA(b)*, выделенная из *B. thuringiensis*, была модифицирована для увеличения уровня экспрессии CRYIA(b) d-эндотоксина в растительных тканях [6].

Действие CRYIA(b) d-эндотоксина обусловлено его связыванием со специфическими рецепторами, расположенными на мембранах эпителиальных клеток средней кишки насекомых. Вследствие этого, в эпителиальных клетках образуется пора, нарушается осмотический баланс, и клетки подвергаются лизису.

Исследования показали, что в геноме MON810 присутствует единственная копия гена *cryIA(b)*. Стабильность интегрированного участка показана при скрещивании с четырьмя линиями кукурузы [6].

Методика эксперимента. В течение 5 дней культуры кишечной палочки переседали на питательный агар. После посева на культуру вносили 50 мкл стандартного 1% р-ра ДНК сои GTS 40-3-2 и кукурузы MON810. После 5 пересевов культуры бактерий отбирали шпателем в отдельные полипропиленовые пробирки на 1,5 мл для последующего выделения ДНК. Выделение ДНК проводили с использованием комплекта реагентов «ДНК-сорб-С».

Испытания на наличие последовательностей проводились тест-системами производства ЗАО «Синтол»: «Растение/35S/NOS скрининг», «Соя/GTS40-3-2 количество», «Кукуруза/MON810 количество» по стандартным методикам [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Испытание полученных образцов ДНК на наличие гена лектина (специфический ген сои) и гена зеина (специфический ген кукурузы), а также особых трансформационных событий для линий GTS 40-3-2 и MON810 дало отрицательный результат (табл. 1).

Из данной Таблицы видно, что в исследованных культурах штамма O-55 обнаруживаются последовательности p35S и tNOS (пробирки 5, 6, 11, 12). Последовательность, специфичная для ДНК растения обнаруживается на циклах,

значительно меньших, чем в контроле, что свидетельствует о том, что его концентрация в образце значительно снижена.

E. coli – нормальный обитатель толстого кишечника как человека, так и других теплокровных животных. Это – грамнегативная палочка, не образующая спор, подвижная (есть подвижные формы), факультативный анаэроб, растет на обычных питательных средах. На агаре дает крупные, выпуклые, блестящие колонии, мутные в проходящем свете. Не разжижает желатины, образует сероводород, часто и индол. Сбраживает до кислоты и газа лактозу и глюкозу. Восстанавливает нитраты в нитриты [5].

E. coli чаще всего является возбудителем заболеваний мочевых путей – пиелита, цистита. Она участвует также в смешанных заболеваниях стафилококкового и стрептококкового характера. У детей раннего возраста кишечная палочка может вызывать колисепсис и наконец, некоторые вирулентные, обладающие гемолитическими и некротическими свойствами штаммы – энтериты и гастроэнтериты. Стул при этом бывает водянистым, желтого цвета, с небольшой примесью слизи. Часто заболевания протекают по типу сепсиса или пневмонии.

Таблица 1.
Испытание полученных образцов ДНК на наличие последовательностей р35S и tNOS

Номер пробирки	Название	Наличие специфической последовательности растения	Наличие промотора р35S	Наличие терминатора tNOS
1.	ПКО-С1	+	+	+
2.	ПКО-С1	+	+	+
3.	ОКО	-	-	-
4.	ОКО	-	-	-
5.	MON810-O55	-	+	+
6.	MON810-O55	-	+	+
7.	MON810-M17	-	-	-
8.	MON810-M17	-	-	-
9.	GTS40-3-2-M17	-	-	-
10.	GTS40-3-2-M17	-	-	-
11.	GTS40-3-2-O55	-	+	+
12.	GTS40-3-2-O55	-	+	+
13.	M17-К	-	-	-
14.	M17-К	-	-	-
15.	O55-К	-	-	-
16.	O55-К	-	-	-

Примечание. ПКО-С1 – 1% стабилизированный контрольный образец сои GTS40-3-2, ОКО – отрицательный контроль амплификации на наличие контаминации.

При острых желудочно-кишечных заболеваниях у детей особенно часто выделяются культуры кишечной палочки, относящиеся к O-группам 55 и 111. При детских энтеритах был выделен также серологический тип O-26:B6. Описаны также заболевания, вызванные серотипами O-25, O-44, O-86, O-125, O-127 [8].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что культура штамма O-55 аккумулирует последовательности r35S и tNOS. Можно предположить, что эти последовательности встраиваются в ДНК бактерии и реплицируются вместе с ее ДНК. r35S является сильным промотором и может запускать транскрипцию участка ДНК, в который он встроится, что может вызывать синтез неспецифических белков. Изменение штамма может представлять риск как для здоровья человека, так и для биологического разнообразия видов, контактирующих с этим штаммом. Для оценки возможных последствий накопления генно-модифицированных участков представителями кишечной флоры необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, на основании полученных данных можно констатировать, что штамм *E. coli* группы O-55 аккумулирует последовательности r35S и tNOS, встроенные в ДНК сои линии GTS 40-3-2 и кукурузы MON810. С такой генетической нестабильностью и может быть связана способность этого штамма вызывать острые желудочно-кишечные заболевания у детей. В то же время, не обнаружено накопления в культуре бактерий штамма M-17 участков ДНК сои линии GTS 40-3-2 и кукурузы MON810.

ВЫВОД

Последствия аккумулирования r35S и tNOS бактериями кишечной палочки не определены. С этим может быть связан риск для биологического разнообразия и здоровья человека. Требуется более фундаментальные исследования по безопасности этих линий ГМО.

Список литературы

1. Картахенский протокол по биобезопасности к конвенции о биологическом разнообразии от 29 февраля 2000 г., статья 2, п. 2. М., «Роспотребстандарт», 2000. – С. 2.
2. МУ 2.3.2.2306-07 Медико-биологическая оценка безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения, п. 1.1., М., «Роспотребстандарт», 2007. – С. 1.
3. МУ 2.3.2.2306-07 Медико-биологическая оценка безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения, п. 2.1. М., «Роспотребстандарт», 2007. – С. 2.
4. МУ 2.3.2.1917-04 Пищевые продукты и пищевые добавки. Порядок и организация контроля за пищевой продукцией, полученной из/или с использованием сырья растительного происхождения, имеющего генетически модифицированные аналоги., М., «Роспотребстандарт», 2004. – С. 1.
5. Ашмарин И.И. Практическая медицинская микробиология. (Руководство). 2-е изд. испр. и доп. Т. / И.И. Ашмарин – «Медицина», 1966. – С. 115.
6. Патрушев М.В. Генетически модифицированные источники: характеристика некоторых ГМ-линий, их детекция / М.В. Патрушев, М.В. Возняк // Партнеры и конкуренты. – 2004. – № 10. – С. 19–26
7. Ашмарин И.И. Практическая медицинская микробиология. (Руководство). 2-е изд. испр. и доп. Т. / И.И. Ашмарин– «Медицина», 1966. – С. 117.

Журба Р.Г. Вплив ДНК геномодифікованих сої GTS 40-3-2 та кукурудзи MON810 на штами кишкової палички *E. Coli* O-55 та M-17 / Р.Г. Журба, А.Г. Журба, А.П. Симчук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 89-94.

В даній роботі відображені результати дослідження щодо впливу ДНК деяких ліній ГМО на кишкову паличку *E. coli*. ПЛР аналіз колоній, що були вирощені у присутності генетично модифікованої ДНК на присутність визначених послідовностей показав, що колонії одного з досліджених штамів селективно накопичують деякі штучно вбудовані фрагменти.

Ключові слова: генетично модифіковані рослини, біорізномаяття.

Zhurba R.G. Influence of the DNA from gene-modified GTS 40-3-2 soya and MON810 corn on the O-55 and M-17 *E. coli* stams / R.G. Zhurba, A.G. Zhurba, A.P. Simchuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 89-94.

The work is focused on the investigation of the influence of DNA from some GMO lines on *E. coli*. PCR of colonies, that were grown with the presence of genetically modified DNA, has shown that colonies of one of the stamps selectively accumulate some of the artificially inserted DNA fragments.

Keywords: genetically modified plants, biodiversity.

Поступила в редакцію 17.11.2010 г.

УДК 577.3

ДЕГАЗАЦИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ МЕНЯЕТ СКОРОСТЬ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ

Зинченко А.А., Шаталов В.М.

*Донецкий национальный университет, Донецк, Украина
E-mail: alinazina@gmail.com*

Получены нормировочные графики изменения парциального давления растворенных в плазме крови газов O_2 и CO_2 в зависимости от продолжительности центрифугирования образцов. Показано, что центрифугирование крови, приводит к немономонному изменению скорости оседания эритроцитов (СОЭ), сначала к снижению, а затем к росту СОЭ в несколько раз. Приводятся доказательства того, что этот эффект связан с дегазацией плазмы крови. Обсуждается модель, согласно которой изменение СОЭ связано с адсорбцией микропузырьков воздуха на мембране эритроцитов.

Ключевые слова: дегазация, центрифуга, микропузырьки, адсорбция, эритроциты, кровь, плазма.

ВВЕДЕНИЕ

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) является важным неспецифическим лабораторным тестом, помогающим врачу-клиницисту в диагностике многих заболеваний. Более ста лет данный показатель применяется для количественного определения интенсивности разнообразных воспалительных процессов. Считается [1], что скорость, с которой происходит оседание эритроцитов определяется, в основном, степенью их агрегации. Из-за того, что при образовании агрегатов уменьшается отношение площади поверхности частиц к их объёму, сопротивление агрегатов эритроцитов трению оказывается меньше, чем суммарное сопротивление отдельных эритроцитов, поэтому скорость их оседания увеличивается. Агрегация эритроцитов главным образом зависит от их электрических свойств и белкового состава плазмы крови. В норме эритроциты несут отрицательный заряд, обусловленный сиаловыми кислотами, входящих в состав клеточных мембран и отталкиваются друг от друга. Величина заряда зависит от возраста эритроцита и белкового состава плазмы. Увеличение отрицательного заряда усиливает взаимное отталкивание эритроцитов и препятствует их оседанию.

Механизм влияния плазменных факторов на оседание эритроцитов окончательно не выяснен. Степень агрегации (а значит и СОЭ) повышается при увеличении концентрации в плазме так называемых белков острой фазы – маркеров воспалительного процесса, в первую очередь, фибриногена, С-реактивного белка, церулоплазмينا, иммуноглобулинов и других. Это явление объясняется диэлектрическим эффектом белковых молекул, проявляющимся в уменьшении отрицательного заряда эритроцитов. На заряд эритроцитов существенно влияет

изменение концентрации мелко- и грубодисперсных белков плазмы (альбуминов и глобулинов), поскольку изоэлектрическая точка глобулинов лежит ближе к нейтральной реакции, чем альбуминов. Способность грубодисперсных белков в т.ч. и фибриногена увеличивать скорость оседания эритроцитов связывают с их сродством к полипептидам. Сложные белково-полипептидные комплексы обладают значительной гидрофильностью, обеспечивающей их стабильность в плазме крови. В физиологических условиях существует постоянство взаимоотношений между полипептидами, свободно циркулирующими в крови и адсорбированными на поверхности эритроцитов. Напротив, СОЭ снижается при увеличении концентрации альбуминов. В плазме существуют и блокаторы оседания эритроцитов – физиологические ингибиторы лизоцима, жирные и желчные кислоты.

Хотя воспаление является наиболее частой причиной ускорения оседания эритроцитов, увеличение СОЭ также может обуславливаться и другими, в том числе и не всегда патологическими, состояниями. Отсутствие ясности в этом вопросе и по сей день стимулирует исследования, направленные на выяснение механизма формирования СОЭ и факторов, влияющих на этот показатель. Так в работе [2] показано, что заметное оседание эритроцитов начинается после длительного латентного периода. В ходе оседания наблюдаются периоды резкого ускорения и замедления скорости движения границы между клетками и чистой плазмой [3]. Обнаружены отличия в динамике оседания крови здоровых доноров и больных с острым инфарктом миокарда.

Авторы работы [4], исследовав поведение СОЭ при компрессии и декомпрессии приходят к выводу, что полученные результаты можно объяснить, если предположить существование связанных с эритроцитами газовых полостей. Согласно [4], эти полости, возможно, существуют в виде кластеров из мелких пустот и имеют свободную границу с жидкостью, подобно тому, как это устроено в клетках фитопланктона. Образование таких полостей изменяет балансировку и ориентацию тела эритроцита при оседании, что может привести к увеличению СОЭ в 1.5 раза. Однако в этих же опытах СОЭ увеличивается почти в 4 раза.

В работе [5] обнаружено немонотонное изменение СОЭ в зависимости от степени дегазации образцов крови. В течение первых 20 минут дегазации методом центрифугирования СОЭ уменьшается в четыре раза, в последующие 20 минут – возрастает в 2.5 раза относительно начального значения, и не меняется при дальнейшей обработке. Сделан вывод о том, что дегазация влияет на стабильность структуры и функционирование белков крови, поскольку дегазации сопутствует изменение гидрофобного взаимодействия – согласно [6], дегазация приводит к росту коэффициента поверхностного натяжения воды на несколько процентов. Однако причины немонотонного поведения СОЭ при дегазации крови оставались невыясненными.

Настоящая работа предпринята с целью выяснения причин и механизма изменения СОЭ при дегазации. С этой целью мы изменили методику, которая применялась в работе [5], сначала отделили эритроциты, центрифугировали образцы плазмы, а затем помещали эритроциты в плазму и измеряли СОЭ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Как известно, кровь в организме животного и человека выполняет кроме всего еще и дыхательную функцию, осуществляя транспорт кислорода воздуха от капилляров легочных альвеол к капиллярам тканей и обратный транспорт углекислого газа. При этом небольшая часть газов находится в растворенном состоянии в плазме, через которую газ диффундирует от капилляров к эритроцитам или наоборот, в зависимости от направления градиента парциального давления. Таким образом, количество газа в плазме определяет направление и скорость его переноса между клетками эритроцитов и капиллярами.

В работах [5, 7] для дегазации крови использовалось центрифугирование образцов. Дело в том, что в силу гидрофобности воздуха небольшая его часть собирается из раствора в стабильные микропузырьки, причем, центрами нуклеации таких пузырьков являются комплексы положительных ионов с молекулами растворенного газа [8]. Центрифугирование ускоряет рост и всплытие микропузырьков. Им на смену образуются новые пузырьки, которые собирают новую порцию газа, приводя тем самым к дегазации раствора.

В настоящей работе мы получили градуировочный график (рис. 1), связывающий продолжительность центрифугирования со степенью дегазации плазмы крови. Определение содержания газов, растворенных в плазме крови, проводили в отдельных пробах без доступа воздуха при атмосферном давлении 743 mmHg на модульном анализаторе OMNI C фирмы Roche (Швейцария). Для этого плазма предварительно отделялась от эритроцитарной массы после 15 минут центрифугирования при 3000 об/мин и температуре 4°C. Затем при комнатной температуре часть плазмы выдерживалась в центрифуге при 3000 об/мин, а другая часть оставалась в качестве контроля. Опыт выполнялся в двух повторностях.

Как видно из Рис. 1, с увеличением продолжительности центрифугирования содержание растворенного кислорода и углекислого газа в плазме существенно уменьшается относительно контрольных значений. Скорость дегазации при центрифугировании, очевидно, пропорциональна количеству растворенного газа, что приводит к экспоненциальному падению газосодержания со временем. Поэтому относительные парциальные давления кислорода и углекислого газа в плазме крови в зависимости от времени центрифугирования t_d (в минутах) вполне удовлетворительно описываются формулами $\exp((15-t_d)/14)$ и $\exp((15-t_d)/7.5)$ соответственно (сплошные линии на Рис. 1). Эти результаты можно использовать для полуколичественных оценок степени дегазации крови в зависимости от продолжительности центрифугирования.

Для определения скорости оседания эритроцитов в [5] использовался метод Вестергрена с тем отличием, что пробирки с образцами крови с ингибитором свертывания центрифугировались при 3000 об/мин в течение различных периодов времени t_d . После такой обработки в пробирку помещали металлический шарик, закрывали пробкой осторожно вращали пробу крови в двух плоскостях рукой для равномерного распределения красных кровяных телец и плазмы и затем измеряли СОЭ стандартным методом.

В данной работе мы обрабатывали на центрифуге только плазму, предварительно отделив эритроциты отстаиванием при комнатной температуре. В качестве образцов использовалась кровь здоровых доноров. Для удаления растворенного воздуха отстоявшуюся плазму отбирали в другую пробирку и центрифугировали при 3000 об./мин. После каждого цикла центрифугирования плазму набирали шприцем с металлическим диском, перемещение диска вверх и вниз внутри шприца способствовало перемешиванию плазмы. После добавления эритроцитов образцы перемешивали, чтобы клеточные элементы равномерно распределялись в плазме крови, набирали в узкие пробирки и оставляли в специальном штативе. Величина отстоявшегося столбика фиксировалась через один час. После чего новый образец плазмы подвергался более длительной обработке, затем плазму снова осторожно перемешивали с эритроцитами и снова измеряли СОЭ.

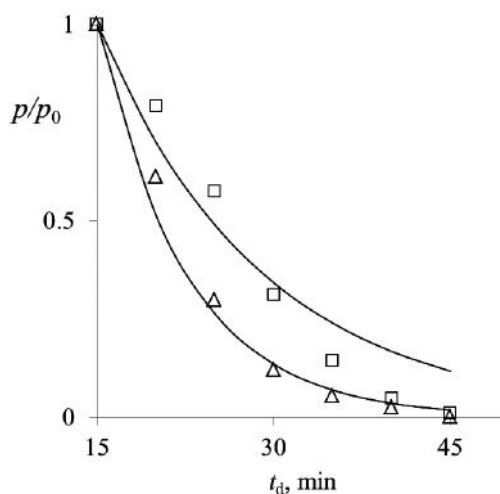


Рис. 1. Парциальное давление растворенного кислорода (квадраты) и углекислого газа (треугольники) в образцах плазмы крови в зависимости от продолжительности центрифугирования t_d при 3000 об./мин относительно контрольного давления p_0 . Сплошные линии – интерполяционные формулы $\exp(-t_d/14)$ и $\exp(-t_d/7.5)$ соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На Рис. 2 показаны усредненные по разным образцам изменения СОЭ относительно начального значения в зависимости от времени центрифугирования при 3000 об./мин. Кривая с кружочками относится к СОЭ предварительно извлеченных эритроцитов, которые затем были инкубированы в плазме, обработанной в центрифуге. Эти результаты были усреднены по образцам, полученных от трех доноров с начальными значениями СОЭ 5, 8 и 12мм/час. Кривая с треугольниками – средние относительные значения, посчитанные по результатам [5] для образцов крови пяти пациентов с начальными значениями СОЭ 4, 7, 8, 9 и 17мм/час. Поскольку обе кривые совпадают в пределах границ

стандартного отклонения, можно сделать вывод, что изменения СОЭ при центрифугировании обусловлены только лишь изменением свойств плазмы при дегазации.

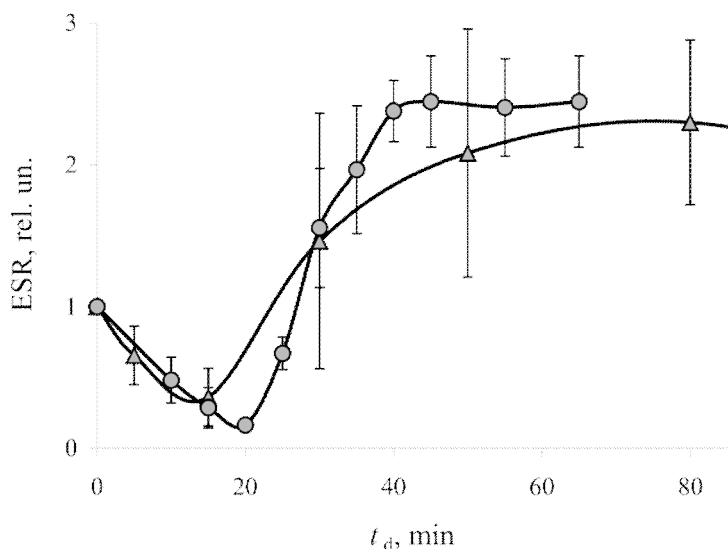


Рис. 2. Скорость оседания эритроцитов после обработки в центрифуге при 3000 об/мин в течение t_d минут образцов крови (треугольники) и плазмы (кружки) с границами погрешностей и сплайн-интерполяцией (сплошные линии).

Как видно из Рис. 2, продолжительность центрифугирования немонотонно влияет на скорость оседания эритроцитов, что можно объяснить уменьшением содержания растворенного в плазме воздуха. Как было сказано выше, часть растворенных газов воздуха образует микропузырьки. Можно ожидать, что эти микропузырьки будут активно адсорбироваться на мембранах эритроцитов, содержащих поверхностные заряды. Идея эта не нова (см., например, [4]), однако совсем недавно существование пузырьков либо их кластеров на поверхности эритроцита было подтверждено методом лазерной интерференционной микроскопии [9]. По сути, отрицательный заряд мембраны эритроцитов (см. выше) притягивает пузырьки, стабилизированные положительными ионами [8]. Этот факт позволяет нам объяснить наблюдаемый на Рис. 2 ход зависимости СОЭ от времени центрифугирования.

Хорошо известно, что акустические волны, в частности, ультразвук, приводят к дегазации жидкости за счет ускорения роста и всплытия пузырьков. Центрифугирование образцов неизбежно сопровождается вибрацией. Предположим, что в начальной стадии дегазации центрифугированием в результате акустического воздействия происходит рост микропузырьков по механизму односторонней или выпрямленной диффузии [10]. Такая диффузия газа внутрь пузырька возникает даже при равенстве парциальных давлений в растворе и в газовой фазе. При сжатии пузырька концентрация газа в нем увеличивается, и газ

диффундирует из пузырька в жидкость, а при расширении – таким же образом возникает диффузионный поток в обратном направлении. Явление выпрямленной диффузии объясняется тем, что при расширении пузырька его поверхность больше, чем при сжатии, поэтому поток при расширении превышает поток при сжатии. Кроме того, диффузия газа в пузырек идет с большей скоростью вследствие большего градиента концентраций при расширении [10].

Пузырьки воздуха, находящиеся в плазме, адсорбируются на мембранах эритроцитов, что приводит к увеличению выталкивающей силы Архимеда и, следовательно, к уменьшению СОЭ. По мере дегазации плазмы размеры адсорбирующихся пузырьков растут, растет сила Архимеда и СОЭ уменьшается (начальное падение кривой на рис. 2). С ростом размеров пузырьков растет скорость их всплытия, с некоторого момента они не успевают адсорбироваться на эритроцитах или отрываются от них возросшей силой Архимеда. В результате наблюдается рост СОЭ (рост кривой после 20 минут центрифугирования на рис. 2). Так продолжается до полной дегазации, после чего рост СОЭ останавливается.

Остается оценить, достаточно ли в плазме воздуха, чтобы в такой степени менять плотность эритроцитов, точнее, разность плотностей плазмы и эритроцитов. Эта разность достаточно мала и, возможно, небольшие колебания плотности эритроцитов, происходящие из-за адсорбции микропузырьков, изменяют ее в несколько раз. Очевидно, что в такой модели СОЭ будет зависеть от концентрации эритроцитов в плазме, что наблюдается экспериментально.

В обзорах [11, 12] сообщается о достоверном увеличении СОЭ *in vitro* под действием низкоинтенсивных электромагнитных полей (ЭМП) миллиметрового диапазона. Так в работе [13] показано, что обработка крови ЭМП с частотой порядка 60 ГГц и потоком излучения порядка 10 мкВт/см² в течение 30 минут приводит к увеличению СОЭ с 6 до 13 мм/час, что приписывается увеличению степени агрегации эритроцитов. Однако, рост агрегации неизбежно связан с увеличением вязкости крови [14], а этот фактор действует в противоположную сторону, в сторону уменьшения СОЭ.

Этот парадокс можно разрешить, если принять гипотезу В.М. Шаталова о дегазирующем действии ЭМП на воду и биожидкости [15]. В этой модели первичными мишенями воздействия ЭМП являются микро- или нанопузырьки растворенного воздуха – поляризация и переменное давление, возникающие при этом на границе скачка плотности, приводят к их росту. Накопление воздействия ЭМП происходит путем дегазации жидкости через рост, слияние и выход микропузырьков, что занимает часы или даже дни. Биологическое действие обусловлено известными изменениями физико-химических свойств жидкости после дегазации. Преимущества этой модели по сравнению с другими теориями состоят в следующем. Во-первых, не нужны предположения о специфических устройствах и условиях для приема излучения, микропузырьки всегда имеются в жидкости, контактирующей с воздухом. Далее, нет «проблемы *kT*», поскольку поле взаимодействует с макрообъектом. И наконец, поскольку биоэффекты от ЭМП сводятся к эффектам дегазации биожидкости, они могут изучаться независимо от воздействия ЭМП, что и делается в настоящей работе. Если принять эту модель, то

с учетом полученных здесь результатов механизм изменения СОЭ под действием ЭМП становится очевидным. ЭМП дегазирует плазму и тем самым меняет объем микропузырьков воздуха, адсорбирующихся на эритроцитах, что в конечном итоге приводит к их десорбции. При этом меняется удельный вес и СОЭ.

ВЫВОД

Несмотря на свою неспецифичность определение СОЭ всё ещё является одним из наиболее популярных лабораторных тестов для установления факта и интенсивности воспалительного процесса. В настоящей работе показано, что этот показатель существенно зависит от концентрации растворенных в плазме крови газов и, таким образом, может отражать дефекты газообмена в организме человека и животных, а также действие факторов, влияющих на содержание газов в плазме крови таких, как давление, ультразвук, ЭМП и др.

Авторы выражают глубокую благодарность И.Е. Стась за критические замечания и полезные обсуждения.

Список литературы

1. Чижевский А.Л. Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов / А.Л. Чижевский. – М.: Наука, 1980. – 178 с.
2. Воейков В.Л. О биофизических механизмах реакции оседания эритроцитов / В.Л. Воейков, А.Ю. Дмитриев // Биофизика. – 1998. – Т. 43. – С. 575–579.
3. Немонотонные изменения скорости оседания эритроцитов в цельной крови / В.Л. Воейков, Ю.И. Гуфинкель, А.Ю. Дмитриев [и др.] // Доклады академии наук. – 1998. – Т.359, №5. – С.686–690.
4. Оседание эритроцитов при компрессии и декомпрессии / О.В. Костина, В.Н. Крылов, Г.Я. Левин [и др.] // Доклады академии наук. – 1999. – Т.368, №2. – С.278–279.
5. Зинченко А.А. Влияние дегазации при центрифугировании на некоторые показатели крови / А.А. Зинченко, И.В. Нога, В.М. Шаталов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2009. – №9. – С. 250–255.
6. Ковеза Ю.В. Изменение кислотности и дегазация среды как факторы, влияющие на гидрофобное взаимодействие и активность растительной каталазы / Ю.В. Ковеза, И.В. Нога, В.М. Шаталов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2008. – №8. – С.290–292.
7. Зинченко А.А. Влияние растворенного в крови воздуха на динамику свертывания *in vitro* / А.А. Зинченко, В.М. Шаталов // Физика живого. – 2010. – Т.18, №1. – С. 37–43.
8. Кластерная структура стабильных нанопузырей растворенного газа в глубоко очищенной воде / Н.Ф. Бункин, Н.В. Суязов, А.В. Шкирин [и др.] // ЖЭТФ. – 2009. – Т.135, вып. 5. – С.917–937.
9. Long-living nanobubbles of dissolved gas in aqueous solutions of salts and erythrocyte suspensions / N.F. Bunkin, V.W. Ninham, P.S. Ignatiev [et al.] // J. Biophotonics. – 2010. – Vol. 93. – P.1–15.
10. Капустина О.А. Дегазация жидкостей / О.А. Капустина // Физика и техника мощного ультразвука, том 3. Физические основы ультразвуковой технологии [Под ред. Л.Д.Розенберга]. – М.: Наука, 1970. – 689 с.
11. Логинов В.В. Влияние электромагнитного излучения КВЧ на эритроциты человека (*in vitro*) / В.В. Логинов, В.Ф. Русаев, Е.Н. Туманянц // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 1(13). – С.1721–1725.
12. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / [Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Московчук О.Б. и др.] – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
13. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ диапазона ускоряет СОЭ и изменяет агрегацию эритроцитов человека / С.Ю. Рыбалко, А.И. Кацев, Ю.А. Бисюк [и др.] // Таврический медикобиологический вестник. – 2002. – Т. 5, № 4. – С. 124–127.

14. Гемореология и электромагнитное излучение КВЧ диапазона / [Киричук В.Ф., Малинова Л.И., Креницкий А.П. и др.] – Саратов: Изд-во Саратовского мед. ун-та, 2003. – 188 с.
15. Шаталов В.М. Дегазация биожидкостей как механизм биологического действия слабых электромагнитных полей / В.М. Шаталов // Біофізичний вісник. – 2009. – Вип. 23 (2). – С. 92–99.

Зинченко А.О. Дегазация плазмы крови змінює швидкість осідання еритроцитів / А.О. Зинченко, В.М. Шаталов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 95-102.

Отримано нормувальні графіки зміни парціального тиску розчинених у плазмі крові газів O_2 і CO_2 в залежності від тривалості центрифугування зразків. Показано, що центрифугування крові, призводить до немонотонному зміни швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ), спочатку до зниження, а потім до зростання ШОЕ в кілька разів. Наводяться докази того, що цей ефект пов'язаний з дегазацією плазми крові. Обговорюється модель, згідно з якою зміна ШОЕ пов'язано з адсорбцією мікробульбашок повітря на мембрані еритроцитів.

Ключові слова: дегазація, центрифуга, мікробульбашок, адсорбція, еритроцити, кров, плазма.

Zinchenko A.A. Degassing of blood plasma alter erythrocyte sedimentation rate / A.A. Zinchenko, V.M. Shatalov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 95-102.

Obtained by normalizing the variation of the partial pressure of dissolved gases in the blood plasma of O_2 and CO_2 , depending on the duration of centrifugation of the samples. Shown that centrifugation of blood leads to a nonmonotonic change in erythrocyte sedimentation rate (ESR), initially to reduce and then to an increase in sedimentation rate a few times. Provides evidence that this effect is associated with degassing of blood plasma. A model according to which the change in ESR due to the adsorption of micro-bubbles of air on the membrane of red blood cells.

Keywords: decontamination, centrifuge, microbubbles, adsorption, red blood cells, blood, plasma.

Поступила в редакцію 13.12.2010 г.

УДК 612.821.6

ПОРІВНЯЛЬНЕ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РІНЕНЦЕФАЛЬНИХ СТРУКТУР ССАВЦІВ

Глюха Л.М.

*НДІ фізіології ім. М. Босого Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького,
Черкаси, Україна
E-mail: ilyuhalidiya@mail.ua*

Проведено порівняльний аналіз механізмів формування та досліджено характер і динаміку окремих компонентів електричної активності нюхових луковиць у лабораторних макросматичних тварин з різним рівнем складності неокортексу. Отримані дані обговорюються з позиції можливого відособлення ОАР від виконання суто сенсорної функції й розгляду його як не специфічного джерела церебральної активації в організації цілісних поведінкових актів тварин-макросматиків.

Ключові слова: риненцефальні структури, нюхові луковиці, олфакто-амигдаларний ритм, високочастотна синхронізована активність, поліморфна активність, респіраторні хвилі.

ВСТУП

Останнім часом приділяється увага дослідженню нюхового аналізатора поскільки на діяльність головного мозку впливають і запахові чинники [1, 2]. Однак на сьогодні нюховий аналізатор залишається найменш вивченим. Значна кількість фактів свідчить на користь безпосереднього відношення спалахових компонентів, що реєструються в нюхових луковицях, до здійснення власне нюхової функції, але ціла низка експериментальних даних не узгоджується із цим твердженням [2-4]. Слід також відмітити, що у більш ранніх дослідженнях лабораторії на тваринах із морфологічно ускладненою новою корою нами [5] виявлена суттєва скорельованість динаміки електричної активності нюхових луковиць (НЛ) та неокортикальних областей, які безпосередньо не пов'язані з обробкою сенсорної запахової інформації, на що вказується й іншими авторами [6-9].

До того ж у філогенезі хребетних тварин передній мозок проходить складний шлях морфо-функціональних перетворень від первинного центрального апарату для обробки переважно нюхових сенсорних сигналів до структурно ускладнених передньомозкових утворень в результаті зростання долі інших сенсорних аферентацій (зорової, слухової, тактильної) і зменшенням долі структур безпосередньо пов'язаних із нюховою функцією. Поряд з цим більшість рядів сучасних ссавців є результатом паралельної, а не послідовної еволюції.

Власне тому, на наш погляд, було доцільно електрофізіологічно простежити прояви основних феноменів електричної активності (ЕА) риненцефальних структур (РС) та їхню динаміку при специфічній для них стимуляції у філогенетично близьких видів тварин, що мають різнорівнево ускладнений неокортекс.

В хронічних експериментах за умов різного рівня поведінкової активності тварин електрофізіологічно вивчали характер і динаміку прояву окремих феноменів електричної активності нюхових луковиць (НЛ) та піріформної кори (ПК) морських свинок (*Cavia*), щурів (*Rattus*) і лабораторних мишей (*Mus musculus* L.), як макросматиків із мало диференційованим неокортексом, порівняно з макросматиками, у яких добре диференційована нова кора, собаками (*Canis familiaris*), а саме: спалахових компонентів ОАР, високочастотної синхронізованої електричної активності (ВСА), респіраторних хвиль (РХ) та поліморфної активності (ПА).

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В роботі аналізуються експериментальні дані хронічних електрофізіологічних експериментів, отриманих на 16 морських свинках, 25 щурах, 11 лабораторних мишах і 14 собаках із вживленими електродами в нюхові луковиці (НЛ) та піріформну кору (ПК).

Реєстрацію електричної активності риненцефальних структур та дослідження специфіки проявів основних її феноменів згідно різного рівня поведінкової активності проводили за умов вільної поведінки тварин у боксі експериментальної установки, виділяючи наступні стани піддослідних тварин, а саме: збудження, спокійне неспання (бадьорість), спокій і як специфічну реакцію активації нюхового аналізатора – прийняття. Дослідження проводили за умов спонтанної поведінки та пролонгованої запаховими подразниками, які не викликали виражених поведінкових зрушень. При проведенні спектрального аналізу виділяли традиційні частотні діапазони та високочастотніші смуги складових, а саме: 25-90, 25-48 та 52-150 Гц, проводячи паралельний аналіз цільних динамічних спектрів без виділення із них окремих діапазонів.

Достовірність відмінностей усереднених спектральних характеристик для різних станів тварин та окремих складових ЕА НЛ оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати хронічних експериментів по вивченню спонтанної та пролонгованої ЕА вузлових риненцефальних структур (НЛ, амигдалярного комплексу ядер (АМ) та піріформної кори (ПК) зокрема) дозволяють стверджувати про можливість її адекватної характеристики проявами (наявності/відсутності), амплітудно-часовими та потужнісно-частотними характеристиками специфічних для неї електрофізіологічних феноменів. Серед останніх, згідно отриманих нами та літературних даних, як основні компоненти електричної активності риненцефальних структур доцільно виділяти високочастотну синхронізовану електричну активність (ВСА), олфакто-амигдалярний ритм (ОАР), респіраторні хвилі (РХ) та поліморфну активність (ПА).

Адекватну характеристику перелічених вище феноменів електричної активності риненцефальних структур, на наш погляд, можна проводити аналізуючи біоелектрику за наступних станів експериментальних тварин, а саме: поведінкового збудження, спокійного неспання (бадьорості), спокою і специфічній реакції

активації нюхового аналізатора – принохуванні (рис.1). Вказані стани легко розмежовуються за змінами ЕКГ і респірограми, а також за різним ступенем прояву окремих феноменів електричної активності риненцефальних структур.

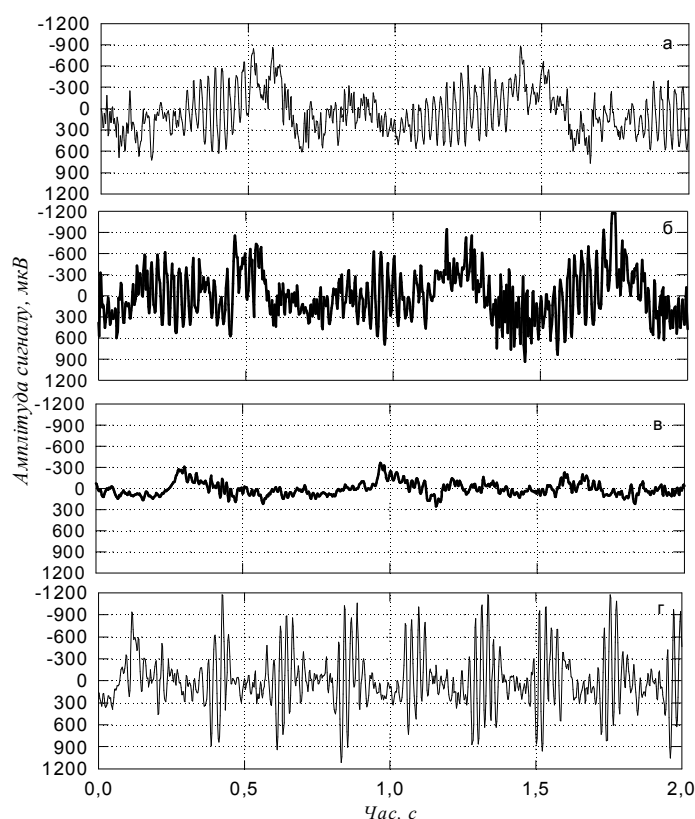


Рис. 1. Характеристичні феномени електричної активності нюхових структур морських свинок

* а – збудження, б – поведінкове збудження (arousal), в – спокій, г – принохування

Суттєво, що усереднені ($n > 100-300$) і динамічні спектри цілісних масивів оцифрованих векторів ЕА НЛ (2-3 с тривалості) у досліджуваних видів тварин, отримані за розглядуваних станів відзначалися найвищою варіабельністю значень СГП в діапазонах 0.5-10 Гц та 25-150 Гц. Нерегулярність окремих складових ВСА призводила до нівелювання характеристичних його вибіркового екстремумів на усереднених спектрограмах. Характерно, що в ЕА ПК морських свинок (рис.2) цей феномен достатньо чітко простежувався навіть візуально, а в ЕА НЛ носив переважно спорадичний характер.

Значний інтерес викликає явище одночасової реєстрації спалахів ВСА з іншими феноменами ЕА НЛ, або швидка їхня зміна протягом короткого проміжку часу,

коли чітке проявлення одного із розглядуваних феноменів виражено змінювалось проявами іншого, який до цього часу не спостерігався.

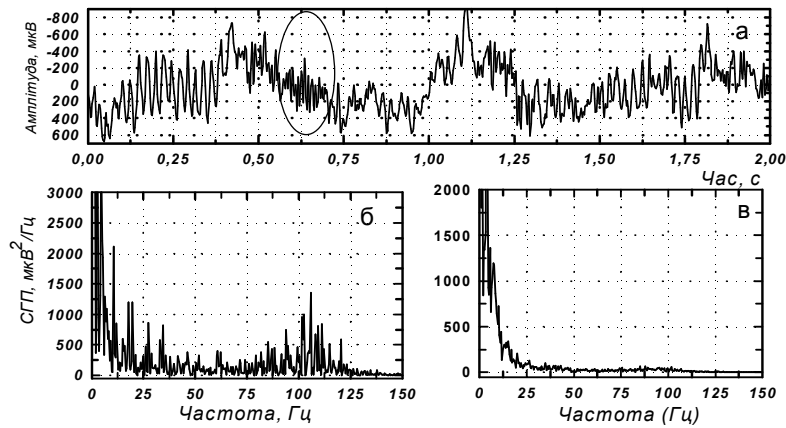


Рис. 2. Вибіркова (б) та усереднена (в) спектральні оцінки фрагментів електричної активності нюхової луковичі морської свинки (а) за умов поведінкового збудження і проявів ВСА.

Привертає увагу також ізольоване проявлення специфічних веретеновидних коливань ОАР та “пачкової” ВСА, що, на наш погляд, може розглядатися як факт роздільної реєстрації високочастотної і низькочастотної складових окремих веретен ОАР в електричній активності риненцефальних структур, які простежувались у щурів лише у стані поведінкового збудження в складі одного окремого веретена (рис. 3).

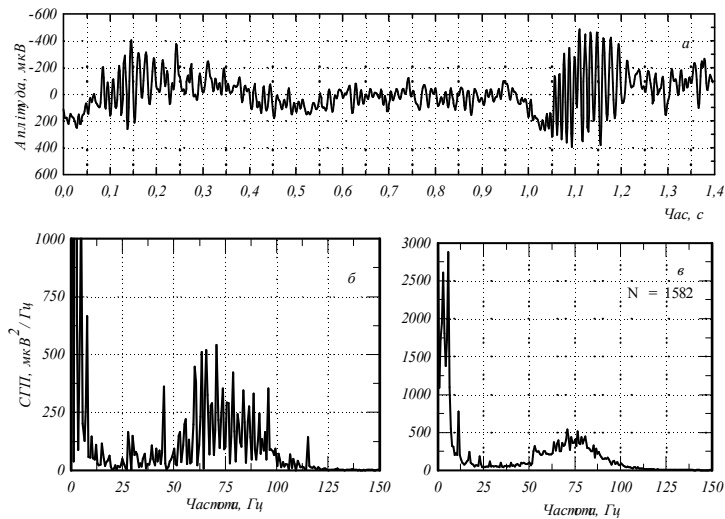


Рис. 3. Вибіркова (б) та усереднена (в) спектральні оцінки фрагментів ЕА НЛ (а) щура з вираженими спалахами ОАР.

Суттєво, що феномен ВСА не був відмічений при вивченні електричної активності риненцефальних структур у інших досліджених видів тварин: щурів, собак та мишей зокрема, хоча за певних поведінкових станів у них було виявлене зростання вираженості високочастотної частини спектру.

Тотожна суттєва варіабельність показників СГП, але відносно стійкі частотні характеристики для кожного виду, простежена і для діапазону повільнохвильових компонентів. Інтегральний його екстремум на вибіркових та усереднених кривих СГП проявлявся у досліджуваних видів, як правило, в діапазоні 0.5-10 Гц, що, на нашу думку, переважно віддзеркалювало якісні зміни параметрів респіраторних хвиль. Висока скорельованість останніх із глибиною і частотою дихання відображала таким чином допустимий діапазон коливань частоти дихання кожного виду тварин, на що неодноразово вказувалося в літературі. Однак, передуюче відновлення останніх, порівняно із спалаховими компонентами ОАР, опісля аносмії у щурів свідчить про можливість їхнього безпосереднього відношення також і до реалізації власне нюхової функції.

ОАР як основний електрофізіологічний феномен ЕА РС у всіх досліджуваних видів тварин чітко виявлявся переважно у стані поведінкового збудження на фоні низькоамплітудної ДПА та вираженої РХ-активності лише при певних поведінкових реакціях, а саме: при дослідженні нової експериментальної обстановки, реакціях на привнесення нового подразника тощо. Хоча виражені орієнтаційні реакції тварин переважно спричиняли часткове амплітудне подавлення або ж повну блокаду проявів оформлених веретен ОАР подібно до стану спокійного неспання.

Привертає увагу той факт, що у переважній більшості випадків у щурів при виражених “спалахах”, що мали чітко окреслену веретенovidну форму, індекс ОАР перевищував 25% і за цим показником спостерігалось вірогідне домінування правої НЛ ($p < 0.05$). За усередненим спектральним екстремумом такого домінування не відмічалось ($p > 0.05$). Тотожне суттєве домінування правих НЛ за абсолютними показниками СГП ОАР було виявлене нами і у собак.

За умов аналізу ДПА за міжспалаховими компонентами ЕА НЛ мишей вірогідні відмінності спектральних екстремумів правої та лівої НЛ виявлені лише для усереднених піків ОАР 25-90 Гц як за його частотними характеристиками, так і за індексом ($p < 0.01$).

Ці дані, на наш погляд, можуть трактуватися як побіжне підтвердження домінування правої півкулі в обробці нюхової сенсорної інформації у тварин-макросматиків. Поряд із цим лише у цих тварин виявлена специфічна частотна різномірність веретен, а саме: початок веретена містив найбільш високочастотні компоненти, основна частина – складові нижчої частоти, а “хвостова” частина була представлена складовими, що мали майже подвійний декремент частоти порівняно із початком веретена.

Очевидно, розглянуті особливості проявів окремих веретен свідчать на користь відомого припущення про можливість кодування олфактивної інформації у високочастотній частині окремих спалахів, що є можливим поясненням спорадичності прояву веретен зі специфічною топографічною “хвостовою” картиною.

На противагу цьому спектрограми ОАР в ЕА РС інших видів тварин, як правило, вирізнялися суттєвою моночастотністю. Так, в ЕА НЛ собак ОАР реєструвався у вигляді веретеновидних спалахів високочастотних коливань у діапазоні 44-57 Гц, варіабельних за амплітудою (100-3500 мкВ, залежно від рівня поведінкової збудливості тварини), із досить стабільним за частотою домінуючим екстремумом у межах 48-52 Гц (рис. 4). Вибіркові спектри ОАР були представлені сукупністю домінантних піків у достатньо вузькій, порівняно з іншими видами, частотній смузі (40-60 Гц), характерній для кожної тварини.

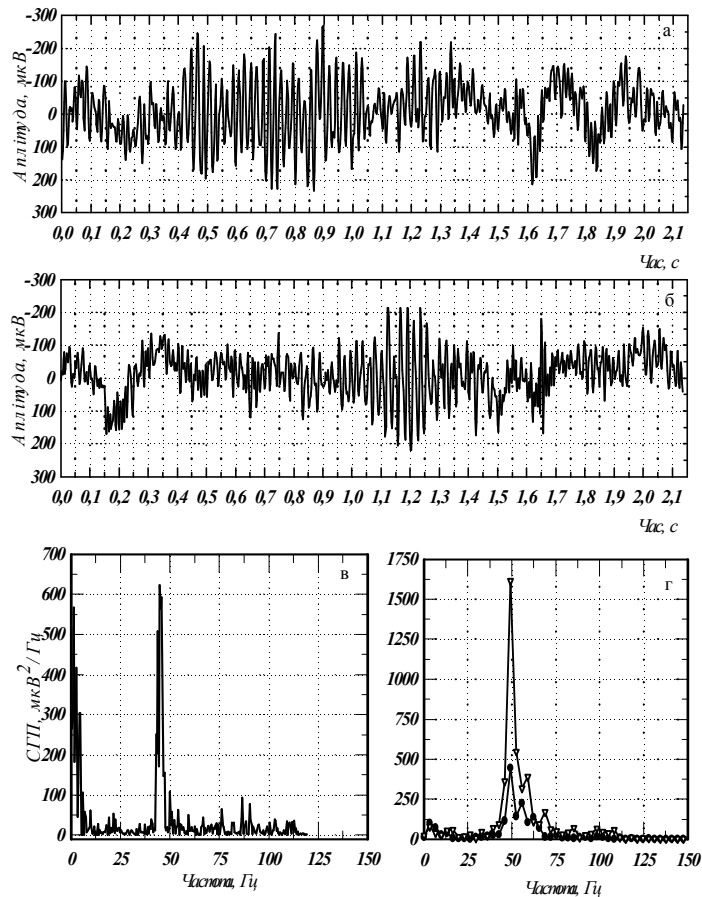


Рис.4. Вибіркова (в) та усереднені (г) спектральні оцінки фрагментів електричної активності НЛ (а, б) собак за умов поведінкового збудження.

Така частотна гетерогенність “веретен”, на наш погляд, може свідчити на користь припущення про діяльність в нюхових структурах, а саме в НЛ, не одного, а декількох генераторів високочастотних коливань із домінуванням роботи переважно одного із них або ж сходження на рівні НЛ імпульсації з таких генераторів. На користь цього твердження свідчать і результати, отримані на щурах з перерізкою

нюхових трактів. Такого роду оперативне втручання призводило до виражених змін форми, збільшення загальної тривалості спалахів (до 1.2-1.5 с в НЛ) та амплітуди ОАР; зсуву усереднених пікових компонентів ЕА НЛ у більш низькочастотну область 52-85 Гц при значному зростанні потужності і звуженні діапазону їхнього представлення.

Ці факти, на наш погляд, свідчать на користь не другорядного, а, можливо, навіть першочергового значення в механізмах генерації спалахових компонентів ЕА НЛ центрифугального притоку імпульсів і дозволяють стверджувати про локалізацію пейсмейкера (чи пейсмейкерів) ОАР власне в НЛ.

ВИСНОВКИ

1. Таким чином при аналізі сумарної електричної активності нюхових структур лабораторних тварин поряд із виділенням для аналізу чотирьох характеристичних амплітудно-часових паттернів, а саме: поліморфної десинхронізованої активності, респіраторних хвиль, олфакто-амигдалярного ритму (загальноживаний підхід) і спалахів більш високочастотних компонентів ВСА; на нашу думку, необхідно також проводити спектральний аналіз у діапазонах представлення цих феноменів навіть за неможливості їхнього візуального чи апаратного виділення з ЕА.
2. Згідно експериментальних даних запропоновані високочастотні діапазони можуть бути достатньо інформативними, як для характеристики загального функціонального стану РС, так і окремих його мікростанів, пов'язаних із короткочасовою обробкою сигналів.
3. Дискретні зміни амплітуди ЕА НЛ та інших розглядуваних структур мозку, очевидно, можуть трактуватись як наявність певних мікростанів НЛ, які відображають різні режими переробки інформації, що справляє модулюючі впливи на більш центрально розташовані утвори.
4. Показано, що за потужнісно-частотними характеристиками ВСА ЕА НЛ морських свинок може розглядатися ізольовано від ОАР. Суттєві відмінності проявів та спектральних екстремумів високочастотних діапазонів ОАР і ВСА в нормі та при експериментальних впливах ($p < 0.05$) не лише в межах класу, а й навіть окремого ряду (гризунів) побіжно можуть свідчити про їхнє різне функціональне значення.
5. Отримані дані обговорюються з позицій можливого відособлення ОАР від виконання суто сенсорної функції і розгляду його як неспецифічного джерела церебральної модуляції в організації цілісних поведінкових актів тварин-макросматиків.

Список літератури

1. Buck L.B. Smell and taste / L.B. Buck // In.: Principles of neural science. Fourth edition – McGraw-Hill – 2000. – P. 625–647
2. Sensitivity-dependent hierarchical receptor codes for odors / H. Hamana, J. Hirono, M. Kizumi [et al.] // Chem. senses – 2003 – Vol. 28 – P.87–104.
3. Freeman W.J. The physiology of perception / W.J. Freeman // Sci. American. – 1991. – P.74–85

4. Ганжа Б.Л. Ольфактометричні дослідження нюхового аналізатора у щурів / Б.Л. Ганжа, Н.Б. Петренко // Вісник Київського національного університету. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. К.: ВЦ “Київський університет”. – 2000. – Вип. 6. – С. 40–44.
5. Ілюха В.О. Динаміка відновлення електричної активності нюхових луковиць щурів після рецепторної деолфактації ZnSO₄ / В.О. Ілюха, Л.М. Ілюха, О.М. Синюта // Актуальні проблеми гастроентерології. Тези доповідей Всеукр. наук. конф. Київ, 20-21 грудня 2001 р. – К.: ВПЦ “Київський ун-т”. – 2001. – С. 21.
6. Ганжа Б.Л. Ольфакто-амигдаларна система мозку як нейробіологічна концепція / Б.Л. Ганжа // Вісник Київського національного університету. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – К.: ВЦ “Київський університет”. – 2000. – Вип. 6. – С. 36–40.
7. Макаруч М.Ю. Роль нюхового аналізатора в інтегративній діяльності мозку: автореф. дис. докт. біол. наук: спец. 03.00.13 / М.Ю. Макаруч – К.: В-во Київ. нац. ун-ту. – 1999. – 34 с.
8. The effects of hedonic properties of odors and attentional modulation on the olfactory event-related potentials / R. Masago, Y. Shimomura, K. Iwanga [et al.] // J. Physiol. Anthropol. and Appl. Human Sci. – 2001. – Vol. 20, № 1 – P. 7–13.
9. Different representation of pleasant and unpleasant odours in the human brain / E.T. Rolls, M.L. Kringelbach, I.E.T. de Aranjó [et al.] // Eur. J. Neurosci. – 2003. – Vol. 18 – P. 695–703.

Ілюха Л.М. Сравнительное электрофизиологическое исследование ринэнцефальных структур млекопитающих / Л.М. Ілюха // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 103-110

Проведен сравнительный анализ механизмов образования и исследование характера и динамики отдельных компонентов электрической активности обонятельных луковиц, пириформной коры в условиях различного уровня поведенческой активности млекопитающих. Полученные данные обсуждаются с позиции возможного отделения ОАР от исполнения только сенсорной функции и рассмотрения его как не специфического источника церебральной активации в организации целостных поведенческих актов животных-макросматиков.

Ключевые слова: ринэнцефальные структуры, обонятельные луковицы, ольфакто-амигдаларный ритм, высокочастотная синхронизованная активность, полиморфная активность, респираторные волны.

Ilyuha L.M. The Comparative Analysis of the Electrical Activity of the Rhinencephal Structures of the Animals / L.M. Ilyuha // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 103-110.

The comparative analysis of the formation mechanisms was carried out and the character and dynamics of the definite components of olfactory bulbs and piriform cortex electrical activity (flash components of the olfacto-amygdalar rhythm, high wave synchronised activity, respiratory waves and polymorphic activity) among laboratorial macrosmatic animals. The obtained data are discussed from the position of possible separation of OAR from only sensor function and its consideration as non-specific source of the cerebral activation in the organisation of the integral behaviour acts of the animals-macrosomatics.

Keywords: rhinencephal structures, olfactory bulbs, olfacto-amygdalar rhythm, high wave synchronised activity, polymorphic activity, respiratory waves.

Поступила в редакцию 22.11.2010 г.

УДК 577.112:612.017.176/22

**ПРИНЦИП ОТБОРА СТРЕССОУСТОЙЧИВЫХ ОСОБЕЙ
ДЕЛЬФИНОВ-АФАЛИН (*TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS*
BARABASH, 1940)**

Каганова Н.В.

*НИЦ “Государственный Океанариум”, Севастополь, Украина
E-mail: nataliy-andreev@yandex.ru*

Представлена схема отбора черноморских афалин, пригодных к длительному содержанию в условиях океанариума, по результатам сочетанного определения в крови уровня глюкозы и количества эозинофилов. Первичный отбор диких дельфинов проводился непосредственно после отлова и транспортировки к постоянному месту содержания. После окончания трехмесячной краткосрочной адаптации выявлялись стрессоустойчивые особи, пригодные к содержанию в условиях неволи.

Ключевые слова: дельфин-афалина, стресс, адаптация, стрессоустойчивость, глюкоза, эозинофилы.

ВВЕДЕНИЕ

Ценность каждой особи исчезающего вида *Tursiops truncatus* постоянно возрастает, поэтому одной из первоочередных задач современной биологии является сохранение дельфина как вида. Одним из направлений решения поставленной проблемы может быть создание центров спасения и реабилитации диких афалин, где они сталкиваются с рядом непривычных и неблагоприятных факторов, исключить которые невозможно. Решение вышеизложенных задач и потребность в зрелищных мероприятиях, пропагандирующих просветительские знания о дельфинах, диктуют необходимость проведения эпизодических отловов, являющихся первым и самым острым столкновением дельфинов с состоянием напряжения организма в условиях неволи. Практика содержания дельфинов – афалин показала, что послеотловный стресс и, как результат, неадекватная адаптация к ноогенным условиям изменяли значение многих физиологических параметров организма [1-7] и могли быть важнейшими причинами гибели животных на протяжении первого года содержания в неволе. Выявление точных границ продолжительности стресса пленения и правильный выбор стратегии послеотловной адаптации как неотъемлемого условия успешного существования афалин в неволе в ранний, наиболее ответственный период содержания [8-9], определяли дальнейшую выживаемость и способность к воспроизводству отловленных дельфинов. Различие животных по чувствительности к стрессорным раздражителям отлова, транспортировки и содержанию в условиях океанариума послужило основанием разделения совокупности отловленных особей на стрессоустойчивых и стрессонеустойчивых [10]. Дальнейший отбор отловленных афалин к длительному существованию в условиях неволи по критерию стрессоустойчивости способствовал

предупреждению развития болезней адаптации [11, 12] на начальных этапах содержания в искусственно созданных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на черноморских дельфинах – афалинах (*Tursiops truncatus ponticus* Barabasch, 1940), представителях подотряда зубатых китов (*Odontoceti* Flower) семейства дельфинов (*Delphinidae* Gray).

Местом адаптации отловленных диких дельфинов и средой обитания адаптированных особей являлись индивидуальные свайно-сетевые вольеры Научно-исследовательского центра «Государственный океанариум ВМС Украины в Казачьей бухте г. Севастополя.

Материалом исследования была нативная кровь, отражавшая в силу своих структурно-функциональных свойств метаболическое состояние всех органов и систем организма. Выбор крови в качестве материала исследования позволил безтравматично и прижизненно выявить особенности физиологических процессов организма дельфинов, в частности, состояние острого стресса и динамику процесса адаптации к содержанию в условиях неволи. Для выявления состояния напряжения организма дельфинов в экстремальных ситуациях в качестве экспресс-метода использовали динамику сочетанного определения в крови уровня глюкозы [13] и количества эозинофилов [14]. Степень реакции организма диких дельфинов на экстремальные воздействия определяли по величине отклонения содержания в крови эозинофилов и глюкозы от таковых нормативных показателей у здоровых адаптированных особей: уровень глюкозы – $86,6 \pm 10,2$ мг%, количество эозинофилов в мм^3 крови – 1701 ± 67 [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение адаптивных возможностей организма отловленных афалин выявили взаимосвязь между характером и выраженностью метаболических сдвигов в крови и степенью их адаптированности к содержанию в условиях неволи. Результаты исследований позволили приблизиться к решению проблемы отбора животных по критерию стрессоустойчивости с целью дальнейшего успешного содержания в условиях океанариума.

Отбор дельфинов для дальнейшего содержания в условиях дельфинария, океанариума, биостанции включал в себя два этапа. На первом этапе (непосредственно после изъятия животных из естественной среды обитания) производился первичный отбор с выбраковкой особей, заведомо непригодных к содержанию в неволе. Опыт содержания дельфинов в океанариуме позволил выявить следующие типы реакции их организмов на стресс пленения:

а) нормальная реакция – уровень эозинофилов в 1 мм^3 крови отловленных дельфинов составлял $597,9 \pm 67,5$; $n=21$, а концентрация глюкозы увеличивалась до $118,4 \pm 9,2$; $n=21$. Афалины данной группы в течение трехмесячной адаптации справлялись с последствиями экстремальных ситуаций;

б) сильная стресс-реакция – оба параметра значительно отличаются от величин, характерных для нормального ответа организма на стресс отлова: (число эозинофилов в 1 мм^3 крови составлял $251,3 \pm 25,9$ клеток, а уровень глюкозы

ПРИНЦИП ОТБОРА СТРЕССОУСТОЙЧИВЫХ ОСОБЕЙ...

соответствовал величине, равной $166,5 \pm 5,9$ мг%, $n=21$. Показано, что у афалин исследуемой группы содержание в крови глюкозы и эозинофилов отличалось от величин аналогичных параметров в крови афалин с нормальной послеотловленной стресс-реакцией. В процессе трехмесячной краткосрочной адаптации эти особи формировали группу с неопределенным адаптационным прогнозом;

в) аномальная стресс-реакция – количество глюкозы и число эозинофилов в крови отловленных дельфинов характеризовалось несогласованностью, т.е. один из параметров не изменялся совсем, изменялся на достаточно значительную величину или оба параметра демонстрировали однонаправленное изменение концентраций.

Результаты обследования диких особей дельфинов свидетельствуют, что организм животных с аномальной реакцией (реагировавших чрезмерно сильно или чрезмерно слабо) на стресс отлова и транспортировки в дальнейшем плохо справлялся или совсем не справлялся с нагрузками содержания в неволе. По-видимому, при воздействии патогенных раздражителей отлова и транспортировки на афалин с аномальным типом развития стресс-реакции их адаптационные возможности оказывались несостоятельными, что способствовало потере резистентности, срыву адаптации и, как крайний вариант, гибели.

Таким образом, в соответствии с послеотловленным уровнем глюкозы и эозинофилов в крови, на первом этапе выявления степени стрессоустойчивости, дельфины условно можно разделить на три группы:

- «П», особи «пригодные» к существованию в океанариуме (с нормальной стресс-реакцией);
- «УП», особи «условно пригодные» к жизни в океанариуме (с сильной стресс-реакцией);
- «НП», особи «не пригодные» к существованию в неволе (с аномальной стресс-реакцией) (таб. 1).

Особи группы «НП», характеризовавшиеся аномальным развитием стресс-реакции организма на начальные этапы содержания в неволе, подлежали выпуску в естественную среду. Статус реабилитационного центра для ослабленных дельфинов, которым обладает научно-исследовательский центр Государственный океанариум, предполагает фармакологическую коррекцию состояния здоровья выпускаемых животных под контролем изменения уровней показателей крови, вплоть до их нормализации.

Таблица 1

Степень стрессоустойчивости у вновь отловленных афалин

Исследуемые параметры в крови диких особей	Группы отловленных дельфинов		
	«П», нормальная реакция	«УП», сильная реакция	«НП», аномальная стресс-реакция
Глюкоза, мг%	$118,4 \pm 9,2$	$166,5 \pm 5,6$	несогласованная динамика изменения в крови уровней определяемых параметров
Эозинофилы, кл в мм ³ крови	$597,9 \pm 67,5$	$251,3 \pm 25,9$	

Второй этап выявления степени стрессоустойчивости проводился по окончании трехмесячной краткосрочной адаптации. В соответствии с динамикой изменения параметров глюкозы и эозинофилов в крови, афалины первичных групп «П» и «УП» подразделялись на группу «А» и группу «Б» (табл. 2).

Таблица 2.
Показатели крови для отбора дельфинов после трехмесячной адаптации

Определяемые параметры крови	Группы дельфинов	
	Группа «А»	Группа «Б»
Глюкоза, мг%	106,3±8,85	125,3±7,4
Эозинофилы, кл в мм ³ крови	1721±295	675,5±162

Группа «А» формировалась из особей дельфинов первичных групп «П» и «УП» с нормальной и удовлетворительной реакцией на стресс отлова и доставки к месту постоянного содержания. Стрессоустойчивые особи группы «А», в дальнейшем, успешно адаптировались к длительному содержанию в условиях неволи.

Группу «Б» составили особи дельфинов, проявившие на начальных этапах неволи значительную, но не критическую реакцию организма на послеотловную адаптацию, что позволило выделить их в группу афалин с неопределенным адаптационным прогнозом. Организм менее стрессоустойчивых особей группы «Б» адаптировался к условиям океанариума с большим напряжением и для предотвращения срыва адаптации требовалась коррекция их состояния при ограничении психофизических нагрузок (рис. 1).

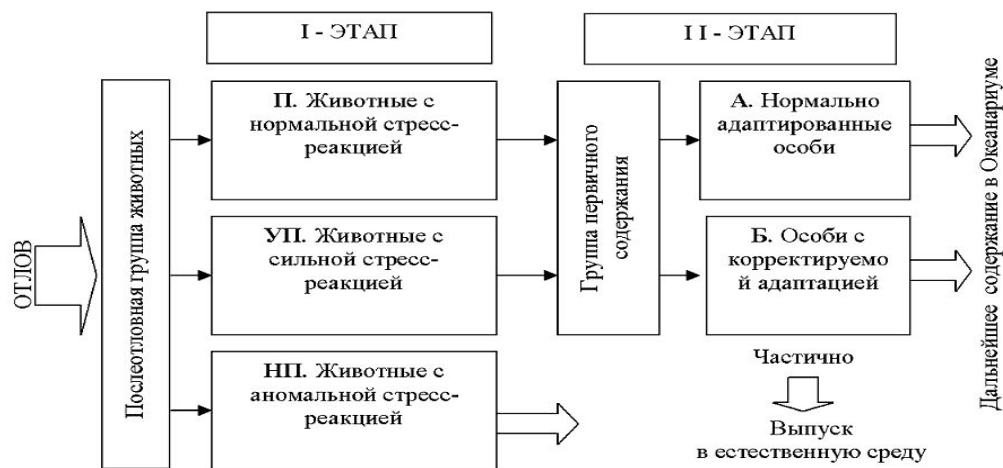


Рис. 1. Схема отбора отловленных афалин для содержания в условиях океанариума.

Предложенная практическая схема позволяет выявлять особей, наиболее пригодных для дальнейшего использования в океанариуме и может быть применена в период отловов, транспортировок, на начальных этапах содержания и в полигонных условиях.

ВЫВОДЫ

1. Степень отклонения в крови отловленных дельфинов уровня глюкозы и количества эозинофилов от соответствующих нормативных параметров у здоровых адаптированных животных выявила неоднородность группы особей по степени стрессоустойчивости к условиям неволи как непосредственно после отлова, так и в процессе краткосрочной трехмесячной адаптации.
2. Отбор дельфинов, пригодных к длительному существованию в условиях неволи, необходимо производить по двухэтапной методике отбора стрессоустойчивых особей.
3. Предложенный принцип отбора отловленных дельфинов позволяет значительно снизить материальные затраты на их дальнейшее содержание и обучение.

Список литературы

1. Bearzi G. First report of a common dolphin (*Delphinus delphis*) death following penetration of a biopsy dart / G. Bearzi // Journ. of Cetacean Research and Manag. – 2000. – V.2, №3. – P. 217–223.
2. Carter N. Effekt of psycho-physiological stress on captive dolphins / N. Carter // Int. j. stady anim. prob. – 1982. – V.3, №3. – P. 193–197.
3. Twenty-five year of rehabilitation of Odontocetes stranded in Central and Northern California, 1977 to 2002 / K.A. Zagzebski, F.M.D. Gulland, M. Haulena [et al.] // Aquat. Mamm. – 2006. – V.32, №3. – P. 334–345.
4. River dolphin (*Inea geofrensis*) in captivity / C.J. Bonar, E.O. Boede, M.G. Hartmann [et al.] // J. Zoo Wildl. Med. – 2007. – V.38, №2. – P. 177–191.
5. An approach to the Rehabilitation of *Kogia* spp / C.A. Manire, H.L Rhinehart, N.B. Barros [et al.] // Aquat. Mamm. – 2006. – V.30, №2. – P. 257–270.
6. Weaver A. Conflict and reconciliation in captive bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* / A. Weaver // Mar. Mamm. Sci.J. – 2003. – V. 19, №4. – P. 836–846.
7. Nowacek S.M. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida / S.M. Nowacek, R.S. Wells, A.R. Solow // Mar. Mamm. Sci. – 2001. – V.17, №4. – P. 673–668.
8. Белькович В.М. Вопросы отлова и длительного содержания дельфинов в неволе / В.М.Белькович, В.С. Гуревич // Исследования морских млекопитающих. Труды АтлантНИРО. Калининград, 1971. – Вып.34. – С. 286–295.
9. Белькович В.М. Ориентация дельфинов. Механизмы и модели / Всеволод Михайлович Белькович. – Москва: НИЦСХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2001. – 239 с.
10. Кулагин Д.А. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке / Д.А. Кулагин, Б.А. Болондинский // Успехи физиологических наук. – 1986. – №1. – С. 92–110 // цит. по Чуян Е.Н. Поведенческие реакции животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях хронического и острого стресса (часть I) / Е.Н. Чуян, О.И. Горная // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 23. – С. 194–204.
11. Selye H. Stress and general adaptation syndrome / H. Selye // Br. Med. J – 1950. – V.1. – 1383 p.
12. Кавцевич Н.Н. Отбор и адаптация морских млекопитающих к условиям аквакомплекса / Н.Н. Кавцевич, И.А. Ерохина. – В кн. Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условиях Кольского залива. Отв. ред. акад. РАН Матишов Г.Г. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2007. – С. 85–87.
13. Масленников Д.В. Определение глюкозы по цветной реакции с орто-толуидиновым реактивом / Д.В. Масленников, А.И.Михеева // Лаб. дело. – 1970. – №10. – С. 588.

14. Бакман С.М. К методике подсчета эозинофилов в периферической крови / С.М. Бакман // Лаб. дело. – 1958. – №5. – С. 13–15.
15. Каганова Н.В. Оценка адаптационно-компенсаторных возможностей организма черноморской афалины к обитанию в условиях неволи / Н.В. Каганова // Изучение охраны и рациональное использование морских млекопитающих, по материалам IX Всесоюзного совещания. (Архангельск, 9-11 сентября 1986). – Архангельск: АНССР. – 1986. – С.174.

Каганова Н.В. Принцип відбору стресостійких особин дельфінів-афалін (*Tursiops truncatus ponticus* Barabash, 1940). / Н.В. Каганова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 111-116.

Представлена схема відбору чорноморських афалін, придатних до тривалого утримання в умовах океанаріуму. Двоетапний відбір ґрунтувався на виявленні стресостійких особин за результатами сполученого визначення в крові рівня глюкози і кількості еозинофілів. Первинний відбір диких дельфінів проводився безпосередньо після вилову і транспортування до постійного місця утримання. Після закінчення тримісячної короткострокової адаптації виявлялися стресостійкі особини, придатні до утримання в умовах неволи.

Ключові слова: дельфін-афаліна, стрес, адаптація, стресостійкість, глюкоза, еозинофіли.

Kaganova N.V. Principle of selecting stress-resistant bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus ponticus* Barabash, 1940) / N.V.Kaganova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 111-116.

The model of selecting Black Sea bottlenose dolphins adequate for long-term keeping in Oceanarium conditions has been presented. Two-stage selection was based on finding stress-resistant individuals on results of associated value of glucose and eosinophils in blood. Initial selection of wild dolphins was carried out directly after capture and transportation to a permanent place of their keeping. After three-month adaptation stress-resistant individuals adequate for keeping in captivity conditions were selected.

Keywords: bottlenose dolphin, stress, adaptation, stress-resistance, glucose, eosinophils.

Поступила в редакцію 22.11.2010 г.

УДК 57.084.1, 57.088.1, 57.083.3

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЙ И КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМОРАЛЬНЫХ СЫВОРОТОЧНЫХ ФАКТОРОВ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ СЕРНОКИСЛОЙ МЕДИ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Климова Е.М.¹, Звягинцева О.В.², Божков А.И.³

¹*ГУ «Институт общей и неотложной хирургии» АМН Украины, Харьков, Украина*

²*Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина*

³*НИИ Биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина*

E-mail: o_zvyagintseva@mail.ru

Проведены исследования содержания белковых сывороточных факторов у экспериментальных животных после действия сернокислрой меди, параллельного действия сернокислрой меди и композитного препарата, композитного препарата. Выявлен полиморфизм белковых фракций сыворотки крови у экспериментальных животных по сравнению с показателями контрольной группы. Выявлены изменения концентрации факторов гуморального иммунитета – циркулирующих иммунных комплексов, пептидов средней молекулярной массы, а также иммуноглобулинов класса А, М, G у экспериментальных животных.

Ключевые слова: электрофорез в полиакриламидном геле, белковые фракции, циркулирующие иммунные комплексы, пептиды средней молекулярной массы, иммуноглобулины.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в ответ на токсические воздействия в организме синтезируются иммуноглобулиновые антитела стрессорные и адаптерные белки, которые обеспечивают клеточный гомеостаз в условиях стресса [1-3]. Некоторые антитела и стрессовые белки могут способствовать усилению деструкции и аутолизу клеток и тканей [4]. Для предотвращения избыточного аутолиза ведутся поиски адекватных протекторов, которые могут предотвращать развитие необратимых метаболических нарушений после действия стрессорных факторов [5, 6].

Как известно мощным стрессорным фактором, присутствующим в окружающей среде может быть воздействие тяжелых металлов, как одного из многих загрязнителей. Среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа. В нее входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром, как наиболее опасные для живых организмов. Избыточное влияние тяжелых металлов на живые организмы вызывает нарушения физиологических, биохимических процессов [7, 8] и приводит к увеличению синтеза стрессорных белков, так называемых белков теплового шока, шаперонов, адаптерных белков [9, 10]. Есть литературные данные, что в результате многократных последовательных введений ионов тяжелых металлов в организме формируется резистентность даже к летальным дозам этих

металлов, можно полагать, что именно стрессорные белки специфически связывают ионы тяжелых металлов [8, 11].

Целью исследования явилось изучение соотношения белковых фракций сыворотки крови и изменения концентрации гуморальных сывороточных факторов после хронического токсического действия сернокислой меди (CuSO_4) и олигопептидного композитного препарата у экспериментальных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все экспериментальные манипуляции с лабораторными животными проводили в соответствии с нормами Европейской конвенции по биоэтике [12].

Исследования проводились в трех различных сериях экспериментов на трехмесячных крысах-самцах линии Вистар в количестве 48 животных. Животных разделили на 4 группы: 1-ая группа – контрольная группа интактных животных, которым перорально через зонд вводили физиологический раствор. Животным 2-ой группы внутрибрюшинно вводили CuSO_4 . В 3-ей группе животные параллельно получали композитный препарат и внутрибрюшинные инъекции CuSO_4 . В 4-ей группе животным вводили через зонд композитный препарат.

Инъекции CuSO_4 делали трехкратно каждые 48 часов в объеме 0,32 мг Cu^{2+} на 1 гр массы печени. Данная доза является токсичной, при которой ухудшается соматическое состояние животных (вялость, потливость, отсутствие активности, потеря веса), но без развития летальных исходов.

С целью снижения токсического эффекта после действия CuSO_4 , крысам параллельно вводили олигопептидный композитный препарат (МФ) Композитный препарат вводили ежедневно на протяжении 5 дней в объеме 0,2 мл на 100 гр массы тела.

Животных выводили из опыта на 8-е сутки после последнего введения композитного препарата и CuSO_4 , производили забор крови для дальнейшего анализа. Для исследования сыворотки крови использовали унифицированные стандартные методы исследования гуморальных показателей иммунитета и соотношения белковых фракций в сыворотке крови.

Электрофорез белков сыворотки крови: для изучения изменений соотношений белковых фракций применяли метод электрофореза в градиентном (градиент 7-10 %) полиакриламидном геле (ПААГ) [13]. Верификацию белковых фракций осуществляли в автоматическом режиме с помощью программы Gel eye. Результаты считали достоверными при $P \leq 0,05$.

Исследование показателей гуморального иммунитета: спектрофотометрический метод определения концентрации циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) и их молекулярного веса по величине константы ЦИК (ЦИК_k), пептидов средней молекулярной массы (ПСММ) [14, 15].

Турбодиметрический метод определения концентрации иммуноглобулинов классов А, М, G в сыворотке крови с помощью моноклональных антител (МКАТ) [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что после введения полулетальной дозы CuSO_4 , одновременного введения CuSO_4 и композитного препарата, введения только композитного препарата у лабораторных животных по сравнению с интактными животными, которым вводили физиологический раствор, выявлены изменения в соотношении белковых фракций сыворотки крови и показателей гуморального иммунитета.

Следует отметить, что соматическое состояние животных после трехкратного введения CuSO_4 , было крайне тяжелым: диарея, слабость, потливость, отсутствие активности, отсутствие аппетита, снижение веса. У животных, которым параллельно вводили CuSO_4 и композитный препарат состояние оценивали как удовлетворительное, крысы были вялыми и не активными по сравнению с контрольной группой животных, но практически сохраняли аппетит и вес, что их выгодно отличало от животных, получавших только CuSO_4 . Следовательно, совместное действие CuSO_4 и композитного препарата снижало токсическое действие катионов Cu^{2+} , т.е. композитный препарат обладал неким протекторным действием.

Электрофоретическое разделение белковых фракций сыворотки крови экспериментальных животных представлено на Рис. 1.

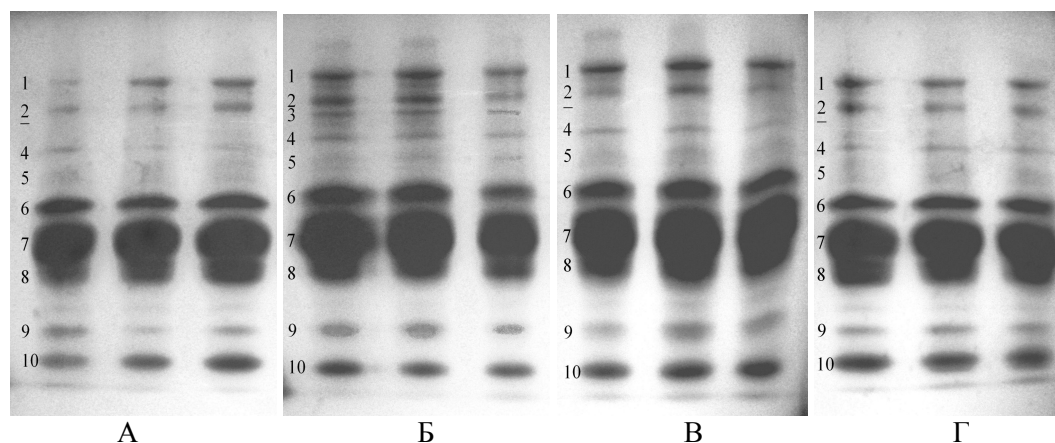


Рис. 1. Электрофореграмма белков сыворотки крови в ПААГ: интактных животных контрольной группы (А); животных, которым вводили сернокислую медь (Б); животных, которым одновременно вводили сернокислую медь и композитный препарат (В); животных, которым вводили композитный препарат (Г): 1) γ -глобулины, 2) β -глобулины, 3) ~200 кДа, 4) α_2 -глобулины, 5) α_1 -глобулины, 6) преальбуминовая фракция, 7) альбумины, 8) ~55 кДа, 9) ~30 кДа, 10) ~20 кДа.

Результаты количественной оценки содержания белковых фракций в исследуемых сыворотках крови экспериментальных животных представлены в Таблице 1.

Таблица 1
Соотношение белковых фракций сыворотки крови экспериментальных животных методом электрофореза в ПААГ

Белковые фракции	Контроль (сыворотка крови интактных животных), %	Группа 2 (сыворотка крови животных, которым вводили CuSO ₄), %	Группа 3 (сыворотка крови животных, которым вводили CuSO ₄ и композитный препарат), %	Группа 4 (сыворотка крови животных, которым вводили композитный препарат), %
γ-глобулины	6,38±1,14	7,43±1,72	10,51±2,06*	7,75±0,9
β-глобулины	4,41±1,76	9,41±2,79*	5,92±0,76	5,58±0,38
фракция ~200 кДа	—	2,90±2,8	—	—
α ₂ -глобулины	3,35±0,62	4,22±0,56	5,26±1,16	3,29±0,29
α ₁ -глобулины	2,79±0,93	3,26±0,78	3,92±0,76	2,69±1,00
преальбуминовая фракция	16,63±2,66	17,65±3,08	14,46±3,20	15,32±1,29
альбумины	36,37±5,22	29,98±4,99	28,77±2,51	30,59±2,74
Постальбуминовая фракция 1 (~55 кДа)	20,24±7,17	15,44±5,57	17,08±7,80	18,37±7,16
постальбуминовая фракция 2 (~30 кДа)	2,76±0,38	3,92±0,40*	2,87±0,26	1,81±0,29*
постальбуминовая фракция 3 (~20 кДа)	7,07±0,28	5,79±0,69*	11,21±0,94*	11,91±0,15*

Примечание: *разница достоверна по сравнению с показателями в контроле, P≤0,05

В результате электрофореза в ПААГ белки сыворотки крови животных разделились до 10 фракций (рис. 1). Выявлены отличия в соотношении белковых фракций сыворотки крови в трех исследуемых группах животных: животных после трехкратного введения CuSO₄, животных после одновременного введения сернокислой меди и композитного препарата и животных после введения композитного препарата по сравнению с интактными животными контрольной группы.

После введения CuSO₄ у экспериментальных животных были выявлены достоверные отличия в изменении соотношения низкомолекулярных белковых фракций. Так, постальбуминовая фракция 2 увеличилась на 29,6 %, постальбуминовая фракция 3 уменьшилась на 18,1 % по сравнению с контрольной

группой. β -глобулиновая фракция, в которую входят С-реактивный белок, липопротеиды низкой плотности, трансферрин, С3- С4-компоненты системы комплемента, фибриноген и др. достоверно увеличилась в 2 раза по сравнению с животными контрольной группы. Следует отметить, что у 83,3% животных этой группы выявлено наличие преальбуминовой фракции порядка 200 кДа, которой нет в сыворотке крови остальных экспериментальных групп, в эту фракцию могут входить металлотионины, синтез которых индуцируется тяжелыми металлами или стрессовыми факторами [8, 11].

В группе животных после одновременного введения CuSO_4 и комбинированного препарата постальбуминовая фракция 2 была на уровне показателей контрольной группы животных, а постальбуминовая фракция 3 увеличилась в 1,5 раза по сравнению с группой контрольных животных. Фракция γ -глобулинов возросла в 1,6 раза по сравнению с показателями в контрольной группе животных, что свидетельствует об активации иммуноглобулиновых антител для нейтрализации токсических катионов Cu^{2+} .

После действия комбинированного препарата у животных, в отличие от группы животных, которым вводили CuSO_4 , уменьшилась постальбуминовая фракция 2 в 1,5 раза и увеличилась постальбуминовая фракция 3 в 1,6 раза по сравнению с контрольной группой.

Постальбуминовые фракции 2 (ММ ~30 кДа) и 3 (ММ ~20 кДа) функционально могут представлять группу стрессорных белков. Так, под действием CuSO_4 могут формироваться стрессорные белки, входящие в постальбуминовую фракцию 2, а после введения комбинированного препарата могут увеличиваться адаптерные белки, обладающие протекторным действием и входящие в постальбуминовую фракцию 3 [17, 18].

Для выявления изменений гуморальных факторов иммунитета исследовали концентрации ЦИК, ПСММ и иммуноглобулинов в исследуемых образцах сыворотки крови экспериментальных животных.

Результаты определения концентрации ЦИК, ПСММ и иммуноглобулинов класса А, М, G в сыворотке экспериментальных животных приведены в Таблице 2.

В контрольной группе показатели гуморального иммунитета соответствовали референтным величинам.

У животных второй группы после введения CuSO_4 выявили отличия гуморальных показателей от контрольных величин. Под действием CuSO_4 наблюдалась тенденция увеличения концентрации ЦИК, при этом $\text{ЦИК}_к$ снижалась до 0,6 при норме (1,1-1,5), что свидетельствует об уменьшении молекулярной массы ЦИК и увеличении их патогенности. ПСММ возросли на 36,4% под действием токсических катионов Cu^{2+} . Это свидетельствует о наличии цитотоксических компонентов, которые образуются при метаболических нарушениях и влияют на молекулярный состав крови. Концентрация IgA, IgM и IgG оставалась на уровне контроля.

Таблица 2
Концентрация ЦИК, ПСММ и иммуноглобулинов (IgA, IgM, IgG) в сыворотке
крови экспериментальных животных

Показатель	Контроль (сыворотка крови интактных животных)	Группа 2 (сыворотка крови животных, которым вводили CuSO ₄)	Группа 3 (сыворотка крови животных, которым вводили CuSO ₄ и композитный препарат)	Группа 4 (сыворотка крови животных, которым вводили композитный препарат)
ЦИК, ед. Е; N (50 – 100)	58±27,08	90,13±27,95	111,4±24,6	102,2±21,98
ЦИК _к N (1,1 – 1,5)	1,21±0,07	0,6±0,11*	1,13±0,10	1,28±0,06
ПСММ, отн.Е; N (до 0,240)	0,220±0,011	0,30±0,06*	0,251±0,018*	0,220±0,02
IgA, г/л; N (1 - 2)	1,12±0,34	0,89±0,31	0,87±0,15	1,16±0,15
IgM, г/л; N (0,5 – 1,2)	0,74±0,38	0,67±0,28	0,55±0,25	0,31±0,04
IgG, г/л; N (2,2 – 2,8)	2,33±0,67	2,10±0,34	4,12±0,93*	2,11±0,22

Примечание: *разница достоверна по сравнению с показателями в контроле, P≤0,05

У животных, параллельно получавших CuSO₄ и композитный препарат и у животных, получавших только композитный препарат также наблюдалась тенденция увеличения ЦИК, но поскольку ЦИК_к оставалась на уровне нормы, то это означает одно из двух, либо накопившиеся антигены иллюминируются антителами для выведения шлаков, либо ЦИК выходят в кровоток из тканей, где накапливаются и выводятся через почки. В третьей группе животных достоверно увеличилось содержание IgG, что также свидетельствует о повышении антителообразования для нейтрализации токсинов. На основании позитивных сдвигов гуморальных показателей и увеличение γ-глобулиновой фракции у животных при совместном введении CuSO₄ и композитного препарата может быть расценено как протекторное действие препарата.

ВЫВОДЫ

1. Выявили полиморфизм белковых фракций у экспериментальных животных: увеличение количества преальбуминовых фракций у животных после введения CuSO₄, а также количественное изменение низкомолекулярных

- постальбуминовых фракций во всех группах экспериментальных животных по сравнению с животными контрольной группы.
2. Соматическое состояние животных после трехкратного введения CuSO_4 , было крайне тяжелым: диарея, слабость, потливость, отсутствие активности, отсутствие аппетита, снижение веса. У животных, которым параллельно вводили CuSO_4 и комбинированный препарат состояние оценивали как удовлетворительное, крысы были вялыми и не активными по сравнению с контрольной группой животных, но практически сохраняли аппетит и вес, что их выгодно отличало от животных, получавших только CuSO_4 . Следовательно, совместное действие CuSO_4 и комбинированного препарата снижало токсическое действие катионов Cu^{2+} , т.е. комбинированный препарат обладал неким протекторным действием.
 3. Проведенные исследования показателей гуморального иммунитета показали достоверное увеличение концентрации ПСММ и увеличение патогенности ЦИК в ответ на экзогенное действие CuSO_4 за счет изменения характера антителообразования. А введение комбинированного препарата способствует активации синтеза иммуноглобулиновых антител для нейтрализации катионов Cu^{2+} и выведения их из организма.
 4. После токсического действия CuSO_4 на модели экспериментальных животных выявлены достоверные изменения в соотношении низкомолекулярных постальбуминовых белковых фракций. Показано, что в ответ на экзогенное действие CuSO_4 идет формирование стрессорных белков, входящих в постальбуминовую фракцию 2 с ММ ~30 кДа. Увеличение этой фракции может формироваться под действием токсических катионов Cu^{2+} . У животных после одновременного введения CuSO_4 и комбинированного препарата, и у животных после введения только комбинированного препарата увеличивается постальбуминовая фракция 3 с ММ ~20 кДа, которая может состоять из белков, обладающих протекторным действием.

Список литературы

1. Продукция белков теплового шока, цитокинов и оксида азота при токсическом стрессе / Е.Г. Новоселова, О.В. Глушкова, Д.А. Черенков [и др.] // Биохимия. – 2006. – Т. 71, № 4. – С. 471–480.
2. Park I. Transmembrane adaptor proteins positively regulating the activation of lymphocytes / Park I, Yun Y // Immune Netw. – 2009– Vol. 9, No. 2. – P. 53–57.
3. The adaptor protein SH2B1 β reduces hydrogen peroxide-induced cell death in PC12 cells and hippocampal neurons / Wan-Chen Lu, Chien-Jen Chen, Hui-Chien Hsu [et. al] // Journal of Molecular Signaling. – 2010. – Vol. 5, No. 17 – P. 5–17.
4. Thomas P.J. Defective protein folding as a basis of human disease / P.J. Thomas, B.H. Qu, P.L. Pedersen // Trends Biochem. Sci. – 1995. – Vol. 20. – P. 456–459.
5. Нейропротективные эффекты ноотропного дипептида ГВС_111 при кислородно-глюкозной депривации, глутаматной токсичности и оксидативном стрессе in vitro / Н.А. Андреева, Е.В. Стельмашук, Н.К. Исаев [и др.] // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2000. – Т. 130, № 10. – С. 418–421.
6. Островская Р.У. Эволюция проблемы нейропротекции / Р.У. Островская // Эксперим. и клин. фармакол. – 2003. – Т. 66, № 2. – С. 32–37.
7. Арушанян Э.Б. Иммунологические сдвиги, вызываемые солями тяжелых металлов, и защитная роль эпифиза / Э.Б. Арушанян, Л.Г. Арушанян, К.С. Эльбекьян // Аллергология и иммунология. – 2005. – Т. 6, № 3. – С. 434.

8. Resistance to heavy metal toxicity in organisms under chronic exposure / A. Bozhkov, V. Padalko, V. Dlubovskaya [et al.] // *Indian Journal of Experimental Biology*. – 2010. – Vol. 48 (7). – P. 679–696.
9. Effect of metal ions on DNA conformation and their biological action on genetic structures of cells / S.V. Kornilova, Yu.P. Blagoi, I.P. Moskalenko [et al.] // *Studia Biophysica*. – 1988. – Vol. 123, № 2. – P. 77–84.
10. Heat Shock Response of Eukaryotic Cells / L. Nover, D. Hellmund, D. Neumann [et al.] // *Biol. Zentr.-Bl.* – 1984. – Vol. 103, No 4. – P. 357–435.
11. Проявление эффекта импринтинга в паттерне внутриклеточного распределения ионов меди в печени после многократных введений сернистой меди / А.И. Божков, В.И. Сидоров, В.Л. Длубовская [и др.] // *Биомедицинская химия*. – 2010. – Т. 56, № 2. – С. 195–208.
12. Пустовіт С.В. Розвиток ідей біоетики у європейському контексті: матеріали IV Міжнародного симпозіуму з біоетики / С.В. Пустовіт, В.Л. Кулініченко, О.Г. Карагодіна. – Київ: СФЕРА, 2006. – 160 с.
13. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование / Остерман Л. А. – М.: Наука, 1981. – 288 с. – (практическое пособие).
14. Константинова Н.А. Оценка патогенных и непатогенных иммунных комплексов / Константинова Н.А. – М.: Метод. рекомендации МЗ СССР, 1986. – 128 с.
15. Способ определения «средних молекул» / В.В. Николайчук, В.М. Моин, В.В. Кирковский [и др.] // *Лаб. дело*. – 1991. – № 10. – С. 13–18.
16. Гамалея Н.Б. Сравнение двух методов определения иммуноглобулинов классов А, М, G (спектрофотометрия и радиальная иммунодиффузия) / Н.Б. Гамалея, К.А. Мондрус // *Клин. лаб. Диагностика*. – 1994. – № 1. – С. 6–7.
17. Панасенко О.О. Структура и свойства мБТШ / О.О. Панасенко, М.В. Ким, Н.Б. Гусев // *Успехи биол. Химии*. – 2003. – Т. 43. – С. 59–98.
18. Божков А.И. Участие низкомолекулярных термостабильных белков цитозоля в регуляции пролиферации клеток печени / А.И. Божков, А.В. Шмонин, А.М. Белоус // *Доповіди національної академії наук України*. – 1999. – №5. – С. 169–173.

Клімова О.М. Зміна співвідношення білкових фракцій і концентрації гуморальних сироваткових факторів після дії сірчанокислого купрум у експериментальних тварин / О.М. Клімова, О.В. Звягинцева, А.І. Божков // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 117-124.

Проведені дослідження вмісту білкових сироваткових чинників у експериментальних тварин після дії сірчанокислого купрум, паралельної дії сірчанокислого купрум і композитного препарату, композитного препарату. Виявлений поліморфізм білкових фракцій сироватки крові у експериментальних тварин порівняно з показниками контрольної групи. Виявлені зміни концентрації факторів гуморального імунітету – циркулюючих імунних комплексів, пептидів середньої молекулярної маси, а також імуноглобулінів класу А, М, G у експериментальних тварин.

Ключові слова: електрофорез в поліакриламідному гелі, білкові фракції, циркулюючі імунні комплекси, пептиди середньої молекулярної маси, імуноглобуліни.

Klimova E.M. Change of protein fraction ratio and humoral serum factor concentrations after the influence of copper sulfate at experimental animals / E.M. Klimova, O.V. Zvyagintseva, A.I. Bozhkov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 117-124.

Researches of protein serum factor content at experimental animals after the influence of copper sulfate, parallel influence of copper sulfate and composite preparation, composite preparation are carried out. Blood serum protein fraction polymorphism at experimental animals in comparison with control group values is displayed. Changes of humoral immunity factor concentration – circulatory immune complexes, middle molecular mass peptides, and also immunoglobulins of class A, M, G at experimental animals are revealed.

Keywords: electrophoresis in polyacrylamide gel, protein factions, circulatory immune complexes, middle molecular mass peptides, immunoglobulins.

Поступила в редакцію 02.12.2010 з.

УДК 577.121:547

**ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРИКИСНОГО
ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И ПРОДУКТОВ РАСПАДА БЕЛКОВ В
ЭРИТРОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

Коношенко С.В., Долгов М.А.

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: konoshenko@crimea.edu*

При инкубации эритроцитов человека в среде Фентона в гемолизатах эритроцитов увеличивается содержание вторичных продуктов перекисного окисления липидов и, вместе с этим, снижается содержание среднемолекулярных олигопептидов (СМО).

Повышение температуры способствует интенсификации в эритроцитах окислительных процессов с участием активных форм кислорода.

Ключевые слова: окислительный стресс, среда Фентона, активные формы кислорода, эритроциты, вторичные продукты перекисного окисления липидов, среднемолекулярные олигопептиды..

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы существенно возрос интерес исследователей к проблеме образования и действия в живых организмах активных форм кислорода (АФК), и их роли в развитии многих заболеваний и различных патологических состояний [1-4]. Несмотря на всю широту исследований в этом аспекте, многие вопросы остаются невыясненными, в частности, вопрос о влиянии температуры на процесс генерирования АФК и развитие окислительного стресса

Одной из мишеней для свободных радикалов в организме человека и животных являются эритроциты. Представляет как научный, так и практический интерес изучение метаболического и функционального состояния эритроцитов в условиях усиленного генерирования АФК, приводящего к нарушению прооксидантно – антиоксидантного равновесия и развитию "окислительного стресса" [5-7].

В свете этого, целью настоящей работы явилось изучение интенсивности образования вторичных продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-активных компонентов), а также продуктов неполного распада белков – среднемолекулярных олигопептидов (СМО), в условиях моделирования окислительного стресса *in vitro* с участием двухвалентного железа и перекиси водорода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты доноров станции переливания крови г. Симферополя.

С целью моделирования "окислительного стресса" эритроциты инкубировали в среде Фентона, содержащей 10 мМ FeSO₄·7H₂O и 3,0 мМ H₂O₂ [5, 6] в течение 2-х часов при температуре 4°C и 37°C. Для сравнения результатов использовали два контроля: эритроциты, инкубируемые с физиологическим раствором при 4°C и 37°C.

Среду Фентона готовили на физиологическом растворе и добавляли к эритроцитарной массе в соотношении 1:1. Сущностью реакции Фентона является окисление Fe²⁺ в присутствии H₂O₂:



Образование ·OH инициирует цепные реакции генерирования других АФК, в частности, супероксиданиона – O₂⁻ [5, 6].

После инкубации эритроциты отделяли центрифугированием и подвергали гемолизу [8].

В гемолизатах эритроцитов определяли содержание ТБК-активных продуктов пероксидации липидов (ПОЛ) [9] и продуктов неполного распада белков, являющихся эндотоксинами [1].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований, при инкубации эритроцитов в среде Фентона наблюдается достоверное увеличение содержания в гемолизате эритроцитов ТБК-активных продуктов: при 4°C на 42% (λ = 535) и 48% (λ = 560), при 37°C – на 54% и 40%, соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Содержание ТБК-активных компонентов в гемолизатах эритроцитов (ед. опт. пл.) в условиях инициации окислительных реакций *in vitro* ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Объект исследования	λ = 535 нм	λ = 560 нм
Контроль 1 (эритроциты, инкубируемые без среды Фентона при 4°C)	0,273 ± 0,006	0,204 ± 0,004
Контроль 2 (эритроциты, инкубируемые без среды Фентона при 37°C)	0,322 ± 0,009	0,235 ± 0,008
Эритроциты, инкубируемые в среде Фентона при 4°C	0,387 ± 0,017*	0,302 ± 0,021*
Эритроциты, инкубируемые в среде Фентона при 37°C	0,496 ± 0,029**	0,330 ± 0,019**

Примечание: * – достоверность различий показателя эритроцитов, инкубируемых в среде Фентона при 4°C, по сравнению с контролем 1 (p < 0,01), ** – достоверность различий показателя эритроцитов, инкубируемых в среде Фентона при 37°C, по сравнению с контролем 2 (p < 0,01).

Помимо этого, наблюдаются достоверные различия в содержании продуктов пероксидации липидов между контрольными образцами эритроцитов, инкубируемых в отсутствие среды Фентона при 4°C и 37°C. При температуре 37°C содержание ТБК-активных компонентов в гемолизатах эритроцитов увеличивается на 18% и 15%, соответственно.

В целом, такой характер изменения содержания ТБК-активных продуктов свидетельствует об интенсификации процессов перекисного окисления липидов в эритроцитах под воздействием среды Фентона, усиливаемых с повышением температуры.

При изучении содержания СМО в гемолизатах эритроцитов наблюдается обратная направленность изменений соответствующего показателя (табл. 2).

Таблица 2

Содержание СМО в гемолизатах эритроцитов (ед. опт. пл.) в условиях инициации окислительных реакций *in vitro* ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Объект исследования	$\lambda = 254$ нм	$\lambda = 275$ нм	$\lambda = 280$ нм
Контроль 1 (эритроциты, инкубируемые без среды Фентона при 4°C)	2,339 ± 0,035	0,883 ± 0,027	0,587 ± 0,031
Контроль 2 (эритроциты, инкубируемые без среды Фентона при 37°C)	2,204 ± 0,030	0,728 ± 0,026	0,478 ± 0,033
Эритроциты, инкубируемые в среде Фентона при 4°C	2,006 ± 0,075*	0,639 ± 0,054*	0,359 ± 0,030*
Эритроциты, инкубируемые в среде Фентона при 37°C	1,450 ± 0,051**	0,483 ± 0,044**	0,286 ± 0,042**

Примечание: * – достоверность различий показателя эритроцитов, инкубируемых в среде Фентона при 4°C, по сравнению с контролем 1 ($p < 0,01$), ** – достоверность различий показателя эритроцитов, инкубируемых в среде Фентона при 37°C, по сравнению с контролем 2 ($p < 0,01$).

В гемолизате эритроцитов, инкубируемых в среде Фентона при температуре 4°C, уровень СМО уменьшается, в среднем, на 27%, а при температуре 37°C – на 61%. При сравнении контрольных образцов отмечено достоверное снижение оптической плотности при 37°C, в среднем, на 12%. Снижение данного показателя может быть следствием агрегации СМО, или частичного разрушения ароматических колец фенилаланина, триптофана и тирозина под действием АФК.

Как и в случае ТБК-активных продуктов, с повышением температуры наблюдаются более значительные изменения уровня молекул средней массы в гемолизатах до инкубации эритроцитов в среде Фентона и после инкубации. Влияние температурного фактора также хорошо прослеживается при сравнительной оценке соотношения уровня ТБК-активных продуктов перекисного окисления липидов и уровня СМО (рис. 1.).

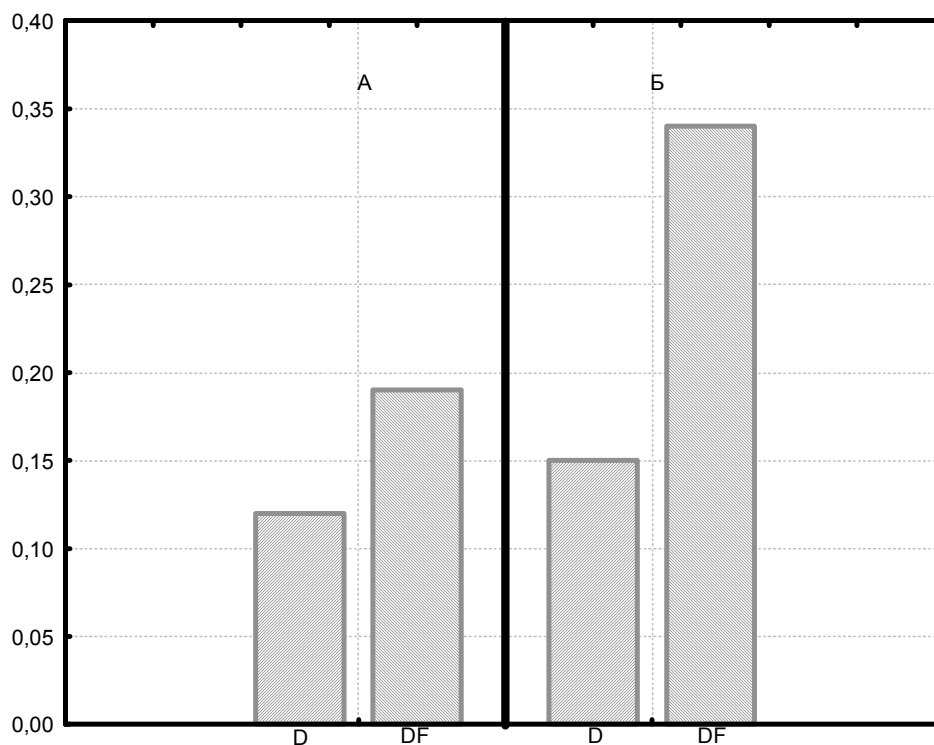


Рис.1. Соотношение содержания ТБК-активных продуктов ПОЛ и СМО в гемолизате эритроцитов доноров до (D) и после инкубации в эритроцитов в среде Фентона (DF) при 4°C (A) и 37°C (B).

Прослеживается чётко выраженная корреляция ($r = -0,98$) в изменениях содержания ТБК-активных продуктов и уровня СМО под воздействием среды Фентона, что свидетельствует о взаимосвязи деструктивных процессов, в которые вовлекаются белки и липиды, в условиях повышенного образования свободных радикалов.

ВЫВОДЫ

1. При инкубации эритроцитов практически здоровых людей в среде Фентона, генерирующей АФК, наблюдается активация процессов пероксидации липидов, о чём свидетельствует увеличение содержания ТБК-активных продуктов.
2. Изменение содержания среднемoleкулярных олигопептидов (продуктов неполного распада белков) в условиях инициации окислительных реакций в эритроцитах свидетельствует либо о разрушении ароматических колец аминокислот, являющихся хромофорами в составе продуктов распада, либо об агрегации СМО в макромолекулярные комплексы с последующим их осаждением и удалением из регистрируемой фракции.
3. Повышение температуры способствует интенсификации окислительных процессов в эритроцитах, осуществляемых с участием АФК.

Список литературы

1. Габриэлян Н.И. Опыт использования показателя средних молекул в крови для диагностики нефрологических заболеваний у детей / Н.И.Габриэлян, В.И. Липатова // Лаб. дело. – 1984, № 3. – С. 138–400.
2. Дубинина Е.Е. Окислительная модификация протеинов, её роль при патологических состояниях / Е.Е. Дубинина // Укр. биохим. журн. – 2008. – Т.80, №6 – С. 18–25.
3. Окислительная модификация белков плазмы крови у пожилых людей с сосудистой деменцией / Е.Е. Дубинина, П.В. Коновалов, И.Б. Солитернова [и др.] // Укр. биохим. журн. – 2001. – Т.73, № 1. – С. 125–132.
4. Казакова В.В. Окислительная модификация и изменения внутримoleкулярной гидрофобности гемоглобина А при инкубации эритроцитов человека в среде Фентона / В.В. Казакова, Н.М. Ёлкина // Укр. биохим. журн. – 2007. – Т. 79, №4. – С. 34–38.
5. Содержание метгемоглобина и фосфоенолпирувата в эритроцитах в условиях инициации окислительных реакций с участием активных форм кислорода / Н.М. Ёлкина, В.В. Казакова, С.В. Коношенко [и др.] // Экоcистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2009. – вып. 19 – С. 168–172.
6. Ёлкина Н.М. Влияние активных форм кислорода на метаболическое и функциональное состояние эритроцитов / Н.М. Ёлкина // Экоcистемы Крыма, их оптимизация и охрана. 2006. – вып. 16 – С. 193–196.
7. Калиман П.А. Цикл глюкоза – жирные кислоты при оксидативном стрессе у крыс, вызванном хлоридом кобальта / П.А. Калиман, С.М. Орхименко // Укр. биохим. журнал. – 2005. – Т.77, №2. – С. 154–158.
8. Drabkin D. A simplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Acad. Sci. – 1964 – Vol. 121, № 11 – P. 404–407.
9. Ohkava H. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction / H. Ohkava, N. Ohishi, K. Yagi // Analit. Biochem. – 1979. – Vol. 95, No 2. – P. 351–358.

Коношенко С.В. Утворення вторинних продуктів перекисного окиснення ліпідів і продуктів розпаду білків в еритроцитах людини за умов моделювання окиснюваного стресу при різній температурі / С.В. Коношенко, М.О. Долгов // Вчені записки Таврійського національного університету ім.В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 125-130.

При інкубації еритроцитів людини у середовищі Фентона в гемолізатах еритроцитів збільшується вміст вторинних продуктів перекисного окиснення ліпідів і, разом з тим, знижується вміст середньомoleкулярних олігопептидів (СМО).

Підвищення температури сприяє інтенсифікації в еритроцитах окиснювальних процесів, що йдуть за участю активних форм кисню.

Ключові слова: окиснювальний стрес, середовище Фентона, активні форми кисню, еритроцити, вторинні продукти перекисного окиснення ліпідів, середньомoleкулярні олігопептиди.

Konoshenko S.V. The formation of secondary products of lipids peroxidation and products of protein destruction in human erythrocytes in the conditions of oxidative stress under different temperature / S.V. Konoshenko, M.A. Dolgov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 125-130.

Under incubation of human erythrocytes in the Fenton system the content of secondary products of lipids peroxidation is rised and the content of middle mass oligopeptides is lowed in the hemolysates.

The intensification of oxidative processes in erythrocytes is rised with more high temperature.

Keywords: oxidativ stress, Fenton`s system, oxygen active forms, erythrocytes, secondary products of lipids peroxidation, middle mass oligopeptides.

Поступила в редакцию 22.11.2010 г.

УДК 612.821+616.008.61

СЕРЦЕВИЙ РИТМ У ОСІБ З РІЗНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ РУХЛИВІСТЮ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СЛУХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Лизогуб В.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М., Черненко Н.П.

*НДІ фізіології ім. М. Босого Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького,
Черкаси, Україна
E-mail: liyukhimenko@ukr.net*

У осіб з різною функціональною рухливістю нервових процесів (ФРНП) під час диференціювання слухової інформації досліджували особливості регуляції серцевого ритму (СР). Виявили достовірно низьку сумарну потужність спектру серцевого ритму, спектру на високій та дуже низькій частоті у осіб з високою у порівнянні з низькою ФРНП. Кореляційний аналіз підтвердив існування зв'язку між спектральними характеристиками СР та показниками ФРНП.

Ключові слова: регуляція серцевого ритму, функціональна рухливість нервових процесів, диференціювання слухової інформації.

ВСТУП

Фундаментальні дослідження свідчать, що на результативність розумової діяльності здійснюють помітний вплив стійкість та об'єм уваги, емоційні та мотиваційні характеристики, інтегративні та когнітивні стилі, а також і властивості нервової системи [1]. Підходи стосовно значення ролі індивідуально-типологічних властивостей нервової системи під час розумової діяльності різні. Найчастіше ставилось питання про оцінку вкладу індивідуально-типологічних властивостей нервової системи в успішність діяльності [2]. Менш розроблений напрямок досліджень відносно участі індивідуально-типологічних властивостей нервової системи у вегетативній регуляції СР. Припускаємо, що ФРНП визначає не тільки спосіб обробки інформації під час виконання розумового завдання, а і повинна знайти своє відображення в особливостях вегетативної регуляції серця. Можна думати, що СР осіб з різною ФРНП відрізняється ступенем активації механізмів регуляції.

Мета роботи – з'ясувати особливості варіабельності серцевого ритму (ВСР) у осіб з різною ФРНП під час переробки складної слухової інформації.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У обстежуваних 120 чоловіків, вік яких становив $19,0 \pm 0,5$ років, досліджували ФРНП, а також в умовах спокою та під час виконання роботи по переробці слухової інформації визначали: статистичні, варіаційні та спектральні характеристики СР.

ФРНП досліджували за допомогою комп'ютерного комплексу «Діагност-2» за методикою М.В. Макаренка [3, 4]. В режимі «нав'язаного ритму» за показниками

швидкості і якості переробки інформації визначали ФРНП. Кількісним показником рівня ФРНП був максимальний темп пред'явлення та переробки сигналів, при якому обстежуваний зробив не більше 5,0-5,5% помилок на найвищій швидкості. Вважали, чим більший темп пред'явлення інформації, тим вищий рівень ФРНП.

Реєстрацію статистичних, варіаційних та спектральних характеристик СР проводили на приладі «Cardiolab+» у стані спокою та під час переробки інформації. Визначали частоту серцевих скорочень (ЧСС_{уд/хв.}), амплітуду моди (АМО%) та стандартне відхилення інтервалів R-R у вибірці (SDNN_{мс}). Спектральний аналіз СР здійснювали за показниками сумарної потужності спектру (Total Power - TP_{мс2}), потужності спектру на дуже низьких (VLF_{мс2}), низьких (LF_{мс2}) та високих (HF_{мс2}) частотах, а також визначали HF нормалізоване (%) та відношення LF/HF (у.о.) [5].

Для диференціювання слухової інформації використовували чисті тони, що описуються правильною синусоїдою, які подавались через навушники бінаурально. Обстежуваному необхідно було упродовж 5 хвилин якомога швидше диференціювати позитивні і гальмівні слухові подразники. До початку роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності до якої за умови появи звуку 1000 Гц (високий тон) необхідно було швидко натиснути та відпустити пальцем правої руки на праву кнопку. Поява звуку 300 Гц (низький тон) вимагала швидкого натискання та відпускання пальцем лівої руки на ліву кнопку. На звук 600 Гц (середній тон) – гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок. Експозиція першого слухового подразника складала 1000 мс. Подача кожного наступного подразника автоматично змінювалась залежно від відповіді. В разі правильної відповіді вона скорочувалась, а в разі помилки – подовжувалась на 20 мс. Таким чином, обстежувані мали можливість самостійно встановлювати індивідуально-можливий високий темп пред'явлення та диференціювання слухової інформації. Результати оброблено методами непараметричної статистики за пакетом програм Excel-2010.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У відповідності до методики визначення та оцінки ФРНП за показниками максимальної швидкості переробки слухової інформації обстежувані були розподілені на три групи: с високою (100 і більше подразників за хвилину), середньою (85-95 подразників за хвилину) та низькою (до 80 і менше подразників за хвилину) функціональною рухливістю нервових процесів. Для всієї вибірки випробовуваних показник ФРНП був в межах 65,5–120,3, а середнє значення дорівнювало 90,0±4,2 подразників за хвилину.

Під час спокою відмінностей між показниками ЧСС у осіб з різною ФРНП не виявлено ($p > 0,05$). Не встановлено за цих умов достовірних різниць варіаційних та спектральних характеристик ВСР осіб з різною ФРНП.

З'ясування особливостей ВСР під час переробки слухової інформації осіб з високою, середньою та низькою ФРНП дозволило встановити статистично значимі різниці у спектральних характеристиках (табл. 1).

Зафіксовано достовірно нижчі значення медіан спектральних показників TP, VLF, HF у обстежуваних з високим рівнем ФРНП порівняно з низьким рівнем досліджуваної властивості ($p < 0,05$). Параметри ВСР обстежуваних з середньою

ФРНП у більшості випадків займали проміжне положення.

Таблиця 1
Показники серцевого ритму та їх вірогідність під час переробки слухової інформації у обстежуваних з різною функціональною рухливістю нервових процесів

Досліджувані показники (мс2)	Рівень функціональної рухливості нервових процесів		
	Високий	Середній	Низький
TP	1276,2* (221,3; 131,5)	2480,5 (738,1; 779,2)	5242,8 (1632,6; 1630,7)
VLF	469,8* (84,4; 21,3)	912,4 (618,8; 347,3)	1937 (466; 468)
LF	386,4 (51,4; 66,8)	595,3 (298,2; 302,6)	824,95 (280,5; 282,2)
HF	280,1* (16,3; 64,5)	381,8 (112,6; 83,6)	866,75 (230,1; 232,2)

Примітка: * – вірогідність різниць $p < 0,05$ показників обстежуваних з високим та низьким рівнем ФРНП.

Кількісні значення ЧСС, SDNN, АМО, HF норм. та відношення LF/HF під час переробки слухової інформації у осіб з різною ФРНП не мали статистично вірогідних відмінностей ($p > 0,05$).

Результати дослідження кореляції між ФРНП та показниками ВСР представлені на Рис. 1.

Позитивна кореляція на рівні $r = 0,41$ ($p < 0,05$) була виявлена між ФРНП та АМО. Від’ємний зв’язок був встановлений між ФРНП і TP, VLF, HF та SDNN. Коефіцієнт кореляції знаходився у межах $r = -0,49$ – $-0,56$, ($p < 0,05$). Між ЧСС і ФРНП обстежуваних зв’язку не знайдено ($p > 0,05$).

Отримані експериментальні дані є доказом наявності зв’язку між варіаційними, спектральними характеристиками ВСР та ФРНП. Можна вважати, що у переважній більшості випадків, чим більшою була ФРНП обстежуваного, тим нижчою була потужність TP, VLF, HF та SDNN і вищою АМО. І навпаки, нижчому рівню ФРНП відповідали вищі характеристики TP, VLF, HF та SDNN і нижчі АМО.

Результати дослідження дозволили виявити відмінності ВСР у обстежуваних виділених груп, які формувались за ознаками ФРНП. Перш за все, це зв’язано з вірогідними різницями спектральних характеристик ВСР зафіксованих під час переробки слухової інформації у осіб з різним рівнем ФРНП. Чисельні дослідження довели, що значення ВСР є кількісним і якісним показником стану симпато-вагусного балансу вегетативної нервової системи обстежуваних, тому можна думати, що різниці у кількісних значеннях виділених груп, в першу чергу, зв’язані з різним тонусом вегетативної нервової системи [6, 7]. Дійсно, застосування методів варіаційного та спектрального аналізу дозволило виявити індивідуально-типологічні відмінності між

показниками TP, VLF, HF, SDNN та АМО обстежуваних груп різних за ФРНП. Так, у осіб з високим рівнем ФРНП під час переробки інформації були зареєстровані нижчі значення сумарної потужності спектру, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах, а також нижчі величини стандартного відхилення інтервалів R-R, ніж в обстежуваних з низьким рівнем досліджуваної властивості.

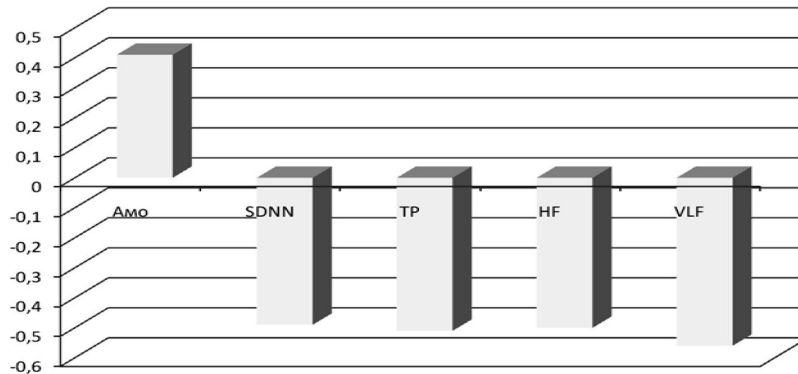


Рис. 1. Кореляції між функціональною рухливістю нервових процесів та характеристиками серцевого ритму ($p < 0,05$).

Позитивна кореляція на рівні $r = 0,41$ ($p < 0,05$) була виявлена між ФРНП та АМО. Від'ємний зв'язок був встановлений між ФРНП і TP, VLF, HF та SDNN. Коефіцієнт кореляції знаходився у межах $r = -0,49 - -0,56$, ($p < 0,05$). Між ЧСС і ФРНП обстежуваних зв'язку не знайдено ($p > 0,05$).

Отримані експериментальні дані є доказом наявності зв'язку між варіаційними, спектральними характеристиками ВСП та ФРНП. Можна вважати, що у переважній більшості випадків, чим більшою була ФРНП обстежуваного, тим нижчою була потужність TP, VLF, HF та SDNN і вищою АМО. І навпаки, нижчому рівню ФРНП відповідали вищі характеристики TP, VLF, HF та SDNN і нижчі АМО.

Таким чином, результати дослідження дозволили виявити відмінності ВСП у обстежуваних виділених груп, які формувались за ознаками ФРНП. Перш за все, це зв'язано з вірогідними різницями спектральних характеристик ВСП зафіксованих під час переробки слухової інформації у осіб з різним рівнем ФРНП. Чисельні дослідження довели, що значення ВСП є кількісним і якісним показником стану симпато-вагусного балансу вегетативної нервової системи обстежуваних, тому можна думати, що різниці у кількісних значеннях виділених груп, в першу чергу, зв'язані з різним тонусом вегетативної нервової системи [6, 8]. Дійсно, застосування методів варіаційного та спектрального аналізу дозволило виявити індивідуально-типологічні відмінності між показниками TP, VLF, HF, SDNN та АМО обстежуваних груп різних за ФРНП. Так, у осіб з високим рівнем ФРНП під час переробки інформації були зареєстровані нижчі значення сумарної потужності спектру, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах, а також нижчі величини стандартного відхилення інтервалів R-R, ніж в обстежуваних з низьким рівнем досліджуваної властивості.

На сьогодні встановлено, що HF компонента спектру, обумовлена вагусною активацією [7]. Складова ж LF, на думку багатьох авторів, характеризує стан симпатичного відділу вегетативної нервової системи і системи регуляції судинного тону [9, 10]. Тому при підвищенні тону симпатичного відділу значно зростають показники TP, VLF, LF, HF та LF/HF, що і було зареєстровано в нашому дослідженні у осіб з низьким рівнем ФРНП. Що стосується модуляції VLF-хвиль, то на думку одних авторів [6] вони характеризують активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи, а інших [8] – відбиває церебральні ерготропні впливи на нижче розташовані рівні і дозволяє отримувати інформацію про функціональний стан мозку, оскільки амплітуда VLF тісно зв'язана з функціональним напруженням і станом кори головного мозку. Існують також дані про те, що потужність спектру в VLF діапазоні може використовуватись як надійний маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, в тому числі і гіпоталамо-гіпофізарними та кірковими рівнями. Отже, отримані нами результати під час переробки слухової інформації про більш високі значення VLF у осіб з низьким рівнем ФРНП свідчать на користь переваги симпатичних і надсегментарних впливів та відображає більш виражену активність центрального, нейрогуморального і метаболічного рівня регуляції СР [8].

Результати нашої роботи показали, що під час виконання завдання по переробці слухової інформації особливості регуляції СР виражаються у ступені активації симпатичної активності [1] і такі відмінності обумовлені ФРНП. В обстежуваних з високою ФРНП переробка інформації супроводжувалась низькими значеннями загальної потужності спектру, а також дихальної, судинної і гуморально-метаболічної модуляції, ніж у осіб з низьким рівнем досліджуваної властивості нервової системи. Виявлені зв'язки між ФРНП та вегетативною регуляцією серця є свідченням їх узгодженої взаємодії у формуванні індивідуальних реакцій пристосування серцево-судинної системи до конкретної слухомоторної діяльності.

Отже, ФРНП не тільки є базовою високо-генетично детермінованою властивістю нервової системи, яка складає нейродинамічну основу максимально можливого темпу безпомилкової слухомоторної діяльності, а і вносить значний вклад у зміни характеру забезпечення індивідуальної активації вегетативних механізмів регуляції роботи серця.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено зв'язок між регуляторними механізмами серцевого ритму та функціональною рухливістю нервових процесів за умов виконання роботи по переробці слухової інформації.
2. Вищому рівню функціональної рухливості нервових процесів відповідали нижчі значення сумарної потужності спектру, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах.
3. У осіб з низьким рівнем функціональної рухливості нервових процесів виконання завдання по переробці слухової інформації викликало більш виразні зміни у вегетативній регуляції серця та обумовлювало високі значення сумарної потужності спектру, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах.

Список літератури

1. Свидерская Н.Е. Влияние индивидуально-психологических характеристик на пространственную организацию ЭЭГ при невербально-дивергентном мышлении / Н.Е. Свидерская, А.Г. Антонов // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №5. – С. 34–43.
2. Данилова Н.Н. Психофизиология. / Данилова Н.Н. – М. : Аспект Пресс, 1998. – 324 с.
3. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методику вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / Макаренко М.В. // Ін-т фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України. – Київ. : 2006. – 395 с.
4. Пат. Укр. Спосіб оцінки психофізіологічного стану слухового аналізатору / Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Галка М.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М.; заявка №А201002225 про патент на винахід від 1.03.2010.
5. Баевский Р.М. Анализ variability ритма сердца при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65–87.
6. Akselrod S. Components of heart rate variability / S. Akselrod // Heart rate variability. – N.Y.: Armonk., 1995. – P. 146–164.
7. Richter D.W. Cardiorespiratory control / D.W. Richter, K.M. Spyer // Central regulation of autonomic functions. – N.Y. : Oxford Univ. Press, 1990. – P. 189–207.
8. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга : автореферат дис. ... д-ра мед. наук. / Хаспекова Н.Б. – М., 1996. – 48 с.
9. Karemaker J.M. Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability / J.M. Karemaker // Clinical autonomic disorders. Evaluation and management / Ed. P.A. Low. – Boston etc.: Little Brown and Co., 1993. – P. 315–330.
10. Один из взглядов на управление сердечным ритмом : интракардиальная регуляция / А.Д. Ноздрачев, С.А. Котельников, Ю.П. Мажара [и др.] // Физиология человека. 2005. – 31, №2. – С. 116–129.

Лизогуб В.С. Сердечный ритм у людей с разной функциональной подвижностью нервных процессов при переработке слуховой информации / В.С. Лизогуб, Л.И. Юхименко, С.М. Хоменко, Н.П. Черненко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С.131-136.

У людей с разной функциональной подвижностью нервных процессов исследовали особенности регуляции сердечного ритма во время продолжительного дифференцирования слуховой информации. Установлено достоверно низкую суммарную мощность спектра сердечного ритма, спектра на высокой и очень низкой частоте у людей с высоким уровнем относительно людей с низким уровнем функциональной подвижности нервных процессов.

Ключевые слова: регуляция сердечного ритма, функциональная подвижность нервных процессов, дифференцирование слуховой информации.

Lyzogub V.S. Heart rhythm at the persons with diferents functional mobility of nervous processes duaring work with acustic information / V.S. Lyzogub, L.I. Yukhymenko, S.M. Khomenko, N.P. Chernenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 131-136.

In persons with different functional mobility of nervous processes the features of regulation of hearty rhythm during long differentiation of acoustic information was investigated. Low total power of spectrum of hearty rhythm is was seted for certain, spectrum on high and very low frequency for people with a high level in relation to people with the low level of functional of nervous processes. Correlation is educed between functional mobility of nervous processes and some parameters of cardiac rhythm.

Keywords: regulation of hearty rhythm, functional mobility of nervous processes, differentiation of acoustic information.

Поступила в редакцию 16.11.2010 г.

УДК 57.086.83(477.75):582.736/.736.3

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЯН ЯЗВЕННИКА КРЫМСКОГО (*ANTHYLLIS TAURICA* JUZ.) И ПРОЦЕССА ИХ ПРОРАСТАНИЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Ляхова И.В., Теплицкая Л.М.

*Таврический национальный университет им. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: inna_lyahova79@mail.ru*

Приведены результаты исследования морфологических и морфометрических особенностей зрелых семян эндемичного вида крымской флоры Язвенника крымского. Показана возможность массового получения сеянцев в условиях стерильной культуры. Подобраны оптимальные условия культивирования и стимуляции процесса прорастания семян язвенника крымского *in vitro*.

Ключевые слова: бобовые, язвенник крымский, культура тканей, культура клеток.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Крыму под угрозой исчезновения находятся не только отдельные виды, а также отдельные роды и семейства растений. Многие представители крымской флоры включены в приложение II Конвенции по международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, в Европейский список животных и растений находящихся под угрозой исчезновения (1991), Глобальный Европейский список (2002), Международную Красную книгу (МСОП) и Красную книгу Украины (1996) [1-4]. Среди многочисленных представителей крымской флоры в критическом состоянии находятся растения, относящиеся к лекарственным, декоративноцветущим, эндемичным и реликтовым видам [1-4]. В последние годы эти растения стали предметом неконтролируемого сбора и незаконной коммерческой деятельности.

В реализации стратегии сохранения растительных ресурсов все шире используются биотехнологические методы, основанные на выращивании изолированных клеток, тканей и органов на искусственных питательных средах в контролируемых условиях *in vitro*. Сегодня эти методы заняли место в комплексе мероприятий, направленных на поддержание биологического разнообразия. Успехи, достигнутые в области культивирования клеток и тканей растений *in vitro*, привели к разработке эффективных технологий размножения растений и создания генетических банков.

Язвенник крымский является эндемичным видом крымского полуострова [5]. Местонахождения его часто страдают из-за хозяйственной деятельности. Поэтому остро стоит вопрос о сохранении данного вида и поиске различных мероприятий по

его охране и размножению [6]. Несмотря на принимаемые в настоящее время меры, охрана язвенника крымского, остается малоэффективной.

В связи с этим целью работы было изучение морфологических особенностей семян *Anthyllis taurica* и разработка приемов культивирования их в условиях *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования были зрелые семена Язвенника крымского (*Anthyllis taurica* Juz.), собранные из природных популяций нижнего плато Чатыр Дага.

При выполнении экспериментальной работы использовали методы, общепринятые в исследованиях по культуре тканей растений [7, 8]. Для соблюдения антисептики работу по введению семян в культуру выполняли в условиях ламинарного бокса БП-4-005. Семена стерилизовали 96% и 70% этиловым спиртом, препаратом «Брадофен»-50% (время экспозиции 10-15 мин). После стерилизации материал промывали трижды дистиллированной водой.

Стерильные семена в условиях бокса очищали от семенной оболочки и эксплантировали на поверхность агаризованной питательной среды Уайта, модифицированной по составу и концентрации фитогормонов.

Таблица 1

Модифицированная питательная среда Уайта

Компоненты	Фитогормоны	Мг/л	Мг/л
KNO ₃		80,0	
MgSO ₄		750,0	
Ca(NO ₃) ₂ ·7H ₂ O		300,0	
Na ₂ SO ₄		200,0	
NaH ₂ PO ₄ ·xH ₂ O		19,0	
KCl		65,0	
KI		0,75	
H ₃ BO ₃		1,5	
MnSO ₄ ·4H ₂ O		5,0	
ZnSO ₄ ·7H ₂ O		3,0	
NaMoO ₄		0,001	
CuSO ₄ ·5H ₂ O		0,01	
Fe ₂ (SO ₄) ₃		2,5	
Никотиновая к-та		0,05	
Пиридоксин		0,01	
Тиамин		0,01	
Глицин		3,3	
	Кинетин		2,0
	ИУК		0,5
	БАП		5,0
Агар-агар		5,0-7,0	
Сахароза		2000,0	
pH		5,6-5,8	

Автоклавирование осуществляли при 1,0 атм., в течении 40 мин.

Культуральные сосуды помещали в условия термостатированного помещения (+26-28⁰С) на стеллажи в СУВРе. Освещение осуществляли с помощью люминисцентных ламп ЛФР-159, при 16-часовом фотопериоде. Освещенность составляла 3000-4000 люкс, относительная влажность 60-70%.

Для получения достоверных результатов опыты проводили в трехкратной повторности, в каждом варианте было 10 культуральных сосудов.

Размеры семян определяли под микроскопом МБС-1А с помощью окулярной линейки. Объем выборки составлял 30 штук.

Математическая обработка результатов экспериментов проводили с использование пакета прикладных программ Microsoft office (Excel Statica 1.0) для Windows XP.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Язвенник крымский *Anthyllis taurica* Juz. произрастает на известняковых и меловых склонах предгорья и южного макросклона Крымских гор (рис 1).



Рис. 1. *Anthyllis taurica* в фазу плодоношения

Плоды бобы светло-коричневые, односемянные, яйцевидные (суженные сверху) или округлые, ассиметричные (как бы срезанные утолщенным брюшным швом), с шиловидным носиком 3,5-4 мм длиной, 2,5-3 мм шириной, голые, покрытые густой сеткой жилок (рис. 2). Семена обратнойцевидные или почти овальные, слегка сдавленные с боков, 1,5-2,5 мм длиной, гладкие, слабо блестящие или матовые, коричневые, к верхушке оливковые (рис. 3). Семенной рубчик округлый, светлый, диаметром 0,2 мм. Корешок зародыша не выделяется, его длина равна 1/2 длины семядолей. Халаза в виде бугорка. На ранних стадиях развития семени все клетки наружного интегумента находятся в состоянии дифференциации, и заполнены питательными веществами. Снаружи спермодерма покрыта эпидермой,

которая иногда достигает довольно большой толщины (до 400 мкм). Клетки эпидермы с утолщенными стенками, сильно вытянуты в периклинальном направлении, склероподобны и возникают из наружной эпидермы интегумента. Спермодерма развивается из наружного интегумента. В зрелом семени спермодерма состоит лишь из изменившихся остатков наружного интегумента семязачатка с сохранившимися клетками двух наружных слоев.



Рис. 2. Зрелый плод *Anthyllis taurica*



Рис. 3. Зрелое семя *Anthyllis taurica*

Семена *A. taurica* имеют особенность в формировании оболочки – образование светлой линии в наружной эпидерме. Светлая линия, которая проходит несколько выше середины семени, представляет собой особенно плотную и более прозрачную зону оболочки. Под эпидермой имеется однорядный слой гиподермы, её клетки вытянуты в длину незначительно. По мере развития семени межклеточные пластинки, склеивающие боковые стенки клеток, разрушаются; сами стенки отодвигаются друг от друга и приобретают своеобразную форму, напоминающую песочные часы. Такая форма клеток гиподермы специфична только для представителей семейства бобовых [9, 10].

Среди тканей, составляющих семенной рубчик, наиболее своеобразны двойная палисадная эпидерма, трахеидный остров и астероидная ткань. Палисадная эпидерма является остатком фуникулуса. Наружную часть площадки семенного рубчика занимают остатки фуникулуса (семяножки) в виде одного слоя плотно сомкнутых друг с другом клеток, которые носят название верхней или наружной, палисадной эпидермы рубчика. Она переходит непосредственно в палисадную эпидерму спермодермы, покрывающую все семя одним слоем. Оба слоя эпидермы рубчика рассекает на две равные доли и следующую вдоль семенного рубчика щель, в которую упирается своеобразное тело, состоящее из трахеид, и поэтому называемое трахеидным островом. Трахеиды относительно коротки и представляют собой несколько вытянутые паренхимные клетки, снабженные спиральными или сетчатыми утолщениями. Трахеидный остров – это выпячивание ткани фуникулуса в области спермодермы. Однако он не связан непосредственно с сосудистым пучком, идущим по фуникулусу в семя. По обеим сторонам от трахеидного острова расположена так называемая астероидная ткань, которая выделяется большими межклетниками и разнообразием форм клеток, снабженных отростками; межклетники наполнены воздухом. За астероидной тканью внутрь семени идёт ряд

слоёв клеток. Обращают на себя внимание весьма своеобразные клетки расположенные за палисадной эпидермой. Они соединены между собой лишь своими концами, средняя часть остаётся свободной, образуя межклетники. Этот слой обычно называют гиподермой. За гиподермой идет так называемый питательный слой, состоящий из клеток, нередко довольно значительно сплюснутых. В семени в клетках питательного слоя находятся питательные вещества. Для *Fabacea* выделяют так называемый кольцевой ариллус [10]. Последний представляет собой тонкое, легко отделяющееся от семени, сухое кольцо, окружающее семенной рубчик, и являющееся остатком ткани периферической части семени. Семя к моменту созревания состоит из спермодермы (семенной кожуры), зародыша и остатков эндосперма.

Зрелый зародыш семени имеет массивные семядоли, подсемядольное колено, корешок и почечку. В почечке хорошо дифференцированы два примордиальных листа и первые настоящие листья.

Как указывает Терехин (1996) *A. taurica* относится к растениям с минимальным количеством эндосперма. Дифференцированный зародыш занимает почти всю полость семени. Запасные питательные вещества сосредоточены в клетках и тканях зародыша [11].

Как правило, морфологические особенности семян отражаются и в морфометрических параметрах. Проведенный нами анализ морфометрических параметров семян *A. taurica* урожая 2009 года показал незначительные колебания их размеров и массы (табл. 2).

Таблица 2

Весовые и морфометрические характеристики зрелых семян *Antyllis taurica*

Суммарный вес 100 семян (мг)	Масса одного семени (мг)	Длина одного семени (мм)	Ширина одного семени (мм)
474,79 ± 0,11	4,70 ± 0,04	2,46 ± 0,03	1,40 ± 0,01

Наиболее важными показателями качества и жизнеспособности семян являются их всхожесть и энергия прорастания. Одним из этапов нашей работы было изучение прорастания семян язвенника крымского, в условиях *in vitro*.

Семена очищали от семенной кожуры и культивировали на 3 вариантах питательной среды Уайта отличающихся составом и концентрацией фитогормонов: ИУК, БАП, кинетина.

Первые признаки развития обнаруживались уже через одни сутки культивирования. Семена набухали, увеличивались в размерах, наблюдался активный рост главного корня. На 3 сутки культивирования наблюдалось развитие семядольных листьев. Появление первой пары настоящих листьев обнаруживалось на 7-10 сутки (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

Основные этапы развития зародышей и проростков язвенника крымского на питательной среде

1-й день	3-й день	5-й день	7-10-й день
Увеличение размеров зародыша, набухание семядолей, длина корня 1,5-2,0 см	Образование семядольных листьев, длина корня 2,0-3,5 см	Высота микропобега: 3,5-4,0 см, корень- 5,0-7,0 см	Появление первой пары настоящих листьев и боковых корешков. Высота микропобега: 3,5-4,0 см, корень-5,0-7,0 см

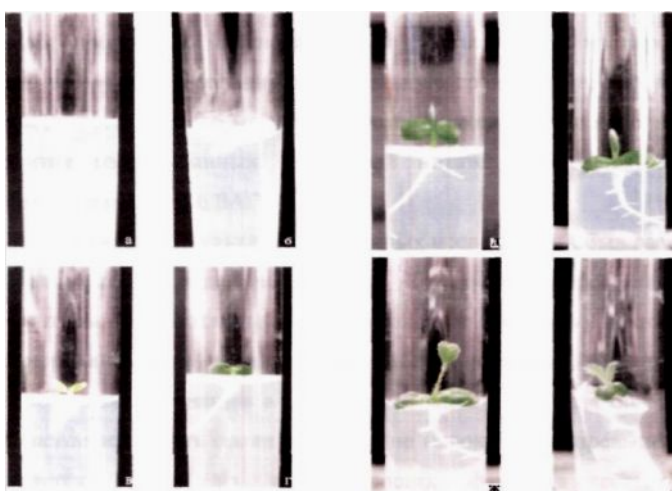


Рис. 4. Последовательные этапы развития сеянцев в культуре изолированных семян *A. taurica* на питательной среде Уайта.

Через 18 суток культивирования сеянцы имели три пары настоящих листьев и хорошо развитые главный и боковые корни.

Исследования показали, что нормальное развитие сеянцев наблюдалось только в том случае, если на питательную среду эксплантировали семена без признаков морфологических аномалий. Зародыши, имеющие небольшие точечные некротические участки, на вторые-третьи сутки культивирования останавливались в развитии и в дальнейшем погибали.

В результате исследований было выявлено влияние регуляторов роста на процесс прорастания семян в условиях *in vitro*. Были использованы модифицированные питательные среды Уайта, дополненные кинетином, БАП и ИУК в различных концентрациях. Исследования показали, что введение

фитогормонов в питательные среды приводило в основном к аномальному развитию. Это проявлялось в увеличении размеров семядольных листьев, в ингибировании развития корневой системы и микрорастений в целом. Однако, максимальный выход нормальных проростков наблюдался при эксплантации семян на модифицированную питательную среду Уайта, дополненную кинетином 2мг/л и ИУК 0,5мг/л. Установлено преимущество использования питательной среды Уайта с кинетином по сравнению с БАП.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены морфологические и морфометрические особенности зрелых семян язвенника крымского *Anthyllis taurica* Jyz., которые характерны для рода *Anthyllis*.
2. Подобраны оптимальные условия получения асептической культуры семян язвенника крымского. Лучшие результаты были получены при стерилизации семян 50% раствором брадофена при экспозиции 10-15 мин.
3. Подобран состав питательной среды для развития полноценных проростков язвенника крымского при культивировании семян *in vitro*. Максимальный выход нормальных проростков наблюдался при эксплантации семян на модифицированную питательную среду Уайта, дополненную кинетином – 2 мг/л и ИУК- 0,5 мг/л.

Список литературы

1. Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма / В.Н. Голубев. – Ялта : ГНБС. – 1996. – 86 с.
2. Дидух Я.П. Карадагский природный заповедник / Я.П. Дидух, Ю.Р. Шеляг-Сосонко – Киев, 1982. – 186 с.
3. Червона книга України. Рослинний світ / [ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко]. – К: Українська енциклопедія, 1996. – 680 с.
4. Оценка угроз биоразнообразию Крыма / [Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Я.П. Дидух, В.Г. Ена, В.С. Тарасенко] // Природа. – 1988. – № 1–2. – С. 2–4.
5. Ена А.В. Феномен флористического эндемизма и его проявления в Крыму : автореф. дисс. на соискание науч. степени доктора биол. наук : спец. 03.00.04 «Ботаника» / А.В. Ена. – К., 2008. – 30 с.
6. Вопросы развития Крыма. Научно-практический дискуссионно - аналитический сборник Вып. 13. // Материалы к Красной книге Крыма. – Симферополь. :Таврия-плюс, 1999. – С 8–9.
7. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений и биотехнология на их основе / Р.Г. Бутенко. – М. : ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
8. Калинин Ф.Л. Технология микрклонального размножения растений / Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацкая В.В. – К. : Наукова Думка, 1992. – 488 с.
9. Эсау К. Анатомия семенных растений / Эсау К. – М. : Мир, 1980. – 558 с.
10. Яковлев Г.П. Бобовые земного шара / Яковлев Г.П. – Л.: Наука, 1991. – 144 с.
11. Терёхин Э.С. Семя и семенное размножение / Терёхин Э.С. – СПб : Мир и семья. – 1996. – 377 с.
12. Овчаров К.Е. Физиологические основы всхожести семян / Овчаров К.Е. – М., 1969. – 305 с.

Ляхова И.В. Вивчення морфологічних особливостей насіння заячої конюшини кримської (*Anthyllis taurica* Juz.) і процесу його проростання в умовах *in vitro* / І.В. Ляхова, Л. М. Теплицька // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 137-144.

Наведено результати дослідження морфологічних і морфометричних особливостей зрілого насіння ендемічного виду кримської флори заячої конюшини кримської. Показана можливість масового отримання сіянців в умовах стерильної культури. Підібрано оптимальні умови культивування та стимуляції процесу проростання насіння заячої конюшини кримської *in vitro*.

Ключові слова: бобові, заяча конюшина кримська, культура тканин, культура клітин.

Lyahova I. The study of morphological characteristics of seeds *Anthyllis taurica* Juz. and their germination process *in vitro* / I. Lyakhova, L. Teplitskaya // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 137-144.

The results of the study of morphological and morphometric features of mature seeds of endemic species of Crimean flora *Antyllis taurica* Juz. are listed here. The possibility of mass production of seedlings in sterile culture is shown. The optimal conditions for the cultivation and stimulation of germination of the *Antyllis taurica* Juz. *in vitro* are selected.

Keywords: Fabaceae, *Antyllis taurica* Juz., tissue culture, cell culture.

Поступила в редакцію 28.11.2010 г.

УДК: 612.825+612.822.3.08+612.821

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ,
ИНДУЦИРОВАННЫХ ПРЕДЪЯВЛЕНИЕМ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ
СТИМУЛОВ, С ТЕКУЩИМ ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЧЕЛОВЕКА**

Макаричева А.А.¹, Павленко В.Б.¹, Мартынова А.А.¹, Чёрный С.В.²

¹Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

*²Крымский республиканский институт последипломного педагогического образования,
Симферополь, Украина*

E-mail: anna.kovalenco@gmail.com

Исследованы взаимосвязи амплитудно-временных параметров зрительных вызванных потенциалов (ВП) и черт личности человека с текущим эмоциональным состоянием. Показано, что у индивидов, испытывающих отрицательные эмоции, в условиях действия эмоционально негативных стимулов регистрируются ВП с более короткими латентными периодами практически всех компонентов ВП.

Ключевые слова: эмоции, вызванные потенциалы, латентный период, тревожность.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день уже практически не вызывает сомнений тот факт, что устойчивые личностные черты субъекта, прежде всего индивидуальные особенности его эмоционально-мотивационной сферы, в значительной степени определяют особенности восприятия и обработки эмоционально окрашенной информации, а также характер переживания и проявления эмоции. В настоящее время в мировой литературе всё чаще появляются результаты исследований связей личностных особенностей с процессами восприятия эмоциональных сигналов с помощью метода регистрации корковых вызванных потенциалов (ВП) [1-3].

Логично предположить, что особенности паттерна ВП, возникающих в ответ на предъявление эмоционально значимых стимулов, могут быть связаны не только с индивидуально-личностными характеристиками, но и текущим эмоциональным состоянием. В то же время, сами эмоциональные состояния, переживаемые человеком, определяются его темпераментом. По мнению Грея [4], такая категория, как темперамент, отражает индивидуальную специфику личности в аспекте предрасположенности к определенным видам эмоций и общую интенсивность последних. В связи с этим представлялось актуальным изучить связи черт личности с одной стороны и амплитудно-временных параметров компонентов ВП с другой стороны с текущим эмоциональным состоянием, оцененным с применением методики дифференциальных шкал эмоций Изарда [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с участием 102 испытуемых мужского и женского пола (43 юношей и 59 девушек) в возрасте 18-25 лет. Большинство из них являлось студентами или выпускниками Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Все испытуемые считались условно здоровыми, имели нормальное или скорректированное до нормы зрение и давали информированное согласие на участие в эксперименте. Методика регистрации ВП и особенности использованных стимулов подробно описаны в нашей предыдущей работе [6].

Оценку личностного профиля испытуемых проводили с использованием шестнадцатифакторного опросника Кэттелла, опросника Басса-Дарки, личностного опросника Айзенка [7] и опросника Клонинджера [8]. Текущее эмоциональное состояние оценивали с применением методики дифференциальных шкал эмоций Изарда в модификации Дембо-Рубинштейна. Применение указанной методики основано на непосредственном оценивании (шкалировании) испытуемыми дифференциальных эмоций: интереса, радости, удивления, горя, гнева, отвращения, презрения, страха, стыда, вины. Обследуемым предлагалось на вертикальных линиях отметить определенными знаками уровень выраженности у них этих эмоций в текущий момент времени – до и после предъявления стимулов.

Для оценки связей между психологическими и электрофизиологическими показателями использовали непараметрический критерий корреляции Спирмена. Статистически значимыми считали показатели с уровнем значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Связь черт личности с текущим эмоциональным состоянием человека

Анализ личностного профиля испытуемых показал, что наиболее характерными индивидуально-личностными характеристиками в исследуемой группе были тревожность и черты личности, связанные с тревожностью, такие как: нейротизм, склонность к избеганию неудач, эмоциональная нестабильность, эмоциональная напряжённость и робость. Указанные особенности личностного профиля могут быть связаны с тем, что эксперименты проводили в основном в весенне-летний период, совпадающий с подготовкой студентов к экзаменам.

Корреляционный анализ позволил выявить достоверные взаимосвязи тревожности и связанных с ней черт с выраженностью отрицательных эмоций горя, гнева, отвращения, презрения, страха, стыда, вины как до, так и после предъявления стимулов. Наиболее выраженные корреляции отмечали для эмоции страха – выраженность этой эмоции у испытуемых отрицательно коррелировала с эмоциональной устойчивостью и смелостью ($r = -0,30$, $p < 0,002$ и $r = -0,27$, $p < 0,007$, соответственно) и положительно – с тревожностью и «избегание неудач» и ($r = 0,30$, $p < 0,002$ и $r = 0,36$, $p < 0,0002$). Таким образом, испытуемые, характеризующиеся низкой эмоциональной стабильностью и смелостью, а также высокими показателями по шкалам тревожности и избегания неудач, демонстрировали достоверную склонность к переживанию отрицательных эмоций горя, гнева, вины, отвращения, стыда и, в наибольшей степени, страха ещё до начала экспериментальной процедуры предъявления стимулов и регистрации ВП.

Эти результаты находят своё подтверждение в теории дифференциальных эмоций Изарда, согласно которой тревожность состоит из доминирующей эмоции страха с одной или несколькими другими фундаментальными эмоциями, особенно гневом, виной и стыдом [9]. Очевидно, перед предъявлением стимулов в ситуации переживания неопределенной, диффузной угрозы эмоция страха доминировала у тревожных испытуемых.

Примечательно, что после предъявления стимулов, наблюдавшиеся связи стали более выраженными и статистически значимыми; с выраженностью отрицательных эмоций коррелировало большее количество личностных характеристик, при этом наиболее достоверные корреляции со всеми чертами личности, входящими в фактор «Тревожность», отмечали уже для эмоции отвращения. Так, выраженность этой эмоции после предъявления стимулов отрицательно коррелировала с эмоциональной устойчивостью и смелостью ($r = -0,37$, $p < 0,0001$ и $r = -0,38$, $p < 0,00009$, соответственно), и положительно – с уровнем нейротизма, тревожности, эмоциональной напряжённости и склонности к избеганию неудач ($r = 0,23 \dots -0,36$; $0,0002 < p < 0,01$). Выраженность положительных эмоций интереса, радости и удивления с исследуемыми характеристиками личности коррелировала очень слабо как до, так и после предъявления стимулов.

Следует отметить, что набор стимулов, предъявляемых в эксперименте, включал в себя равное количество эмоционально положительных, отрицательных и нейтральных изображений, однако доминирующей эмоцией после предъявления стимулов была отрицательная, что ещё раз свидетельствует в пользу преобладания отрицательного эмоционального фона у тревожных, эмоционально нестабильных индивидов.

Связь характеристик ВП с текущим эмоциональным состоянием человека

Для двух наиболее выраженных по результатам предыдущего анализа отрицательных эмоций – страха и отвращения – провели корреляционный анализ с характеристиками компонентов ВП, развивающихся при восприятии эмоционально отрицательных стимулов.

Было обнаружено, что выраженность страха до процедуры эксперимента отрицательно коррелировала с ЛП компонента N1 в центрально-теменно-височно-затылочной области правого полушария ($r = -0,21 \dots -0,25$; $0,02 < p < 0,04$), ЛП компонента N2 во всех областях коры, за исключением теменной ($r = -0,21 \dots -0,31$; $0,002 < p < 0,04$), а также ЛП компонента P3 по всей поверхности коры ($r = -0,21 \dots -0,39$; $0,0004 < p < 0,04$) (рис 1, А).

Эмоция страха, испытываемая после предъявления набора стимулов, была интенсивнее. Негативные корреляционные связи с ЛП компонентов N1, N2 и P3, отмеченные до эксперимента, не только сохранялись, но и были более выраженными. Так, для N1 коэффициенты корреляции составляли от $r = -0,22$ до $r = -0,29$ при $0,005 < p < 0,04$; для N2 коэффициенты корреляции составляли от $r = -0,21$ до $r = -0,37$ при $0,0003 < p < 0,04$; для P3 коэффициенты корреляции составляли от $r = -0,21$ до $r = -0,28$ при $0,006 < p < 0,04$. Наряду с этим, появились отрицательные корреляции с ЛП компонента P2 ($r = -0,21 \dots -0,29$; $0,01 < p < 0,04$)

(рис. 1, Б). При этом нужно отметить, что наиболее достоверными были связи с ЛП1 среднелатентного компонента N2.

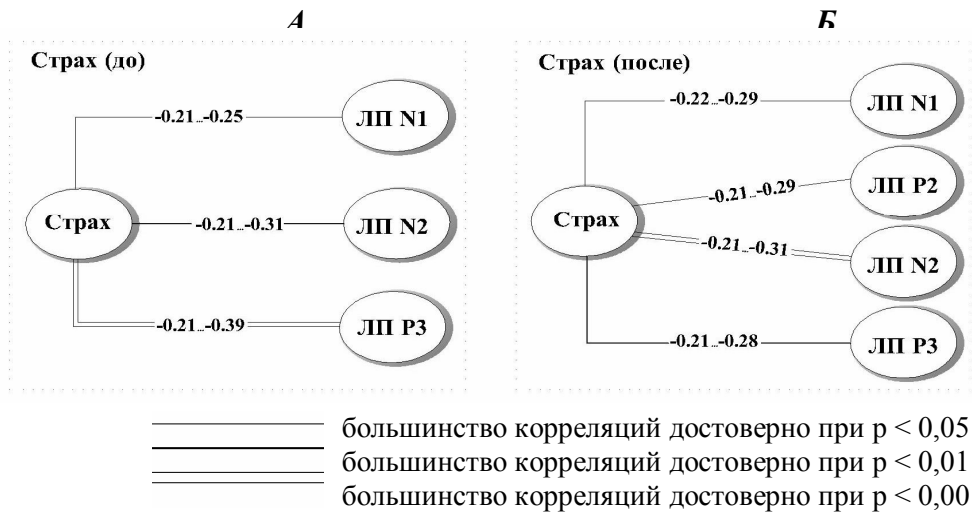


Рис. 1. Корреляционные связи характеристик компонентов ВП, возникающих при действии эмоционально отрицательных стимулов, с выраженностью страха, переживаемого до (А) и после (Б) предъявления стимулов.

Эмоция отвращения до предъявления стимулов отрицательно коррелировала только с ЛП компонента P2 ($r = -0,23$; $p < 0,03$) (рис. 2, А), однако после эксперимента наблюдавшиеся связи стали более выраженными ($r = -0,20...-0,30$; $0,005 < p < 0,04$). Кроме этого, достоверные корреляции отмечали также для ЛП компонентов N1 ($r = -0,22$; $p < 0,03$), N2 ($r = -0,21...-0,29$; $0,007 < p < 0,05$) и P3 ($r = -0,21...-0,25$; $0,02 < p < 0,04$) (рис. 2, Б). При этом наиболее достоверными связи были также для ЛП компонента N2.

Таким образом, отрицательное эмоциональное состояние субъекта отражается в формировании у него вызванных потенциалов, характеризующихся более короткими ЛП практически всех компонентов ВП. Испытываемые эмоции отвращения и страха оказывали наибольшее влияние на среднелатентные компоненты ВП, возникающие во временном интервале 220-300 мс после предъявления стимула, главным образом, компонент N2. Учитывая, что от момента инициации компонента N2, как предполагают [10], начинается этап опознания стимула, можно предположить, что субъект, испытывающий отрицательные эмоции отвращения и страха, склонен к более быстрому опознанию стимулов, несущих потенциальную угрозу.

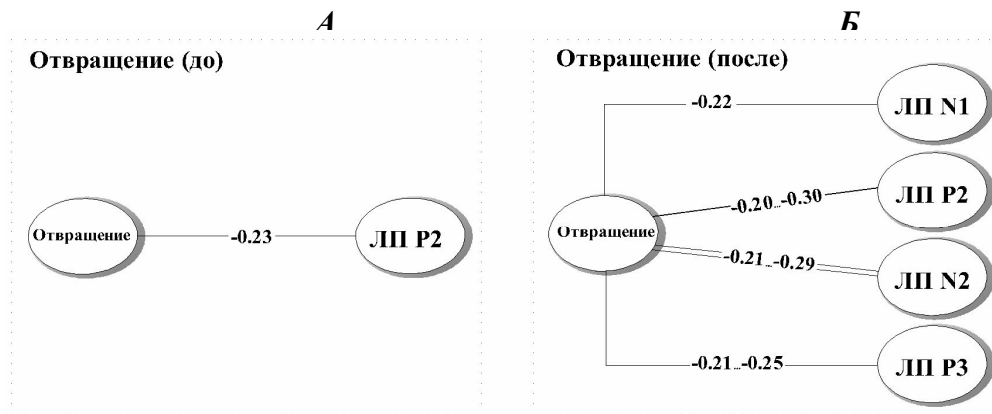


Рис. 2. Корреляционные связи характеристик компонентов ВП, возникающих при действии эмоционально отрицательных стимулов, с выраженностью отвращения, переживаемого до (А) и после (Б) предъявления стимулов.
Примечание: Обозначения те же, что и для Рис. 1.

В целом, наблюдали сходство корреляционных связей характеристик ВП с интенсивностью отрицательных эмоций и с тревожностью, что выражается в тенденции к укорочению латентностей компонентов ВП. Это вполне объяснимо, учитывая полученные нами, а также литературные данные о корреляциях тревожности и связанных с ней черт личности со склонностью к переживанию отрицательных эмоций [11].

Следует отметить, что достоверных корреляций параметров ВП с положительным эмоциональным фоном обнаружить не удалось. С одной стороны, это может объясняться особенностями группы испытуемых, принимавших участие в эксперименте, с другой – более слабым активационным эффектом эмоционально положительно окрашенных стимулов по сравнению с отрицательными.

ВЫВОДЫ

1. Испытуемые, характеризующиеся высокими показателями тревожности, демонстрировали склонность к переживанию отрицательных эмоций страха до и отвращения – после процедуры предъявления стимулов и регистрации ВП.
2. Интенсивность отрицательных эмоций страха и отвращения отрицательно коррелировала с латентностями почти всех компонентов ВП, индуцированных предъявлением эмоционально отрицательных стимулов, особенно среднелатентного компонента N2.
3. Результаты свидетельствуют о том, что индивиды, находящиеся в состоянии переживания отрицательных эмоций, быстрее воспринимают и опознают стимулы, несущие потенциальную угрозу.

Список литературы

1. Михайлова Е.С. Индивидуально-типологические особенности опознания лиц эмоциональной экспрессии и вызванные потенциалы мозга человека / Е.С. Михайлова, Е.С. Розенберг // ЖВНД. – 2006. – Т. 56, № 4. – С. 481–490.
2. De Pascalis V. Personality effects on attentional shifts to emotional charged cues: ERP, behavioral and HR data / V. De Pascalis, O. Speranza // Pers. Ind. Diff. – 2000. – V. 29. – P. 217–238.
3. Dennis T.A. Trait anxiety and conflict monitoring following threat: an ERP study / T.A. Dennis, C.C. Chen // Psychophysiology. – 2009. – V. 46, № 1. – P. 122–131.
4. Грей Д.А. Нейропсихология темперамента / Д.А. Грей // Иностранная психология. – 1993. – Т. 1, № 2. – С. 24–36.
5. Елисеев О.П. Практикум по психологии личности / Елисеев О.П. – СПб.: Питер, 2003. – 560 с.
6. Анализ вызванных ЭЭГ-потенциалов при отрицательной эмоциональной активации у человека: временные и топографические характеристики / А.А. Коваленко, С.В. Чёрный, В.А. Корякин [и др.] // Учёные записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия „Биология, химия”. – 2009. – Т. 22 (61), №1 – С.31–37.
7. Практическая психодиагностика. Методики и тесты / [под ред. Райгородского Д.Я.]. – М.: Бахрах-М, 2000. – 668 с.
8. Cloninger C.R. A new conceptual paradigm from genetics and psychobiology for the science of mental health / C.R. Cloninger // Australian and New Zealand J. Psychiatry. – 1999. – V. 33, № 2. – P. 174–186.
9. Изард К. Страх и виды тревожности / К. Изард // Тревога и тревожность: хрестоматия [под ред. В. Астапова]. – М.: Per Se, 2008. – С. 104–117.
10. Dawson G. Frontal electroencephalographic correlates of individual differences in emotion expression in infants: a brain systems perspective on emotion / G. Dawson // Monogr. Soc. Res. Child. Dev. – 1994. – V. 59, № 2–3. – P. 135–151.
11. Макаричева Г.О. Нейрофізіологічний аналіз сприйняття емоційно значущих стимулів у людини: Автореф. дисс. на соискание степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «физиология человека и животных» / Г.О. Макаричева – ТНУ. – Симферополь, 2010. – 20 с.

Макаричева Г.О. Взаємозв'язок поточного емоційного стану людини з характеристиками викликаних потенціалів, індукованих пред'явленням емоційно значущих стимулів / Г.О. Макаричева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 145-150.

Досліджені взаємозв'язки амплітудно-часових параметрів зорових викликаних потенціалів і рис особистості людини з поточним емоційним станом. Показано, що в індивідів, що відчувають негативні емоції, в умовах дії емоційно негативних стимулів рееструються ВП із більш короткими латентними періодами практично всіх компонентів ВП.

Ключові слова: емоції, тривожність, викликані потенціали, латентний період компоненту.

Makarycheva A.A. Correlations between on-going emotional human state and characteristics of evoked potentials induced by presentation of emotionally significant stimuli / A.A. Makarycheva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 145-150.

Correlations between amplitude-temporal parameters of visual evoked potentials, personality traits and on-going emotional human state are investigated. It is shown that persons feeling negative emotions have EP with shorter latencies of almost all components under the negative emotional conditions.

Keywords: emotions, anxiety, evoked potentials, component latency.

Поступила в редакцію 17.11.2010 г.

УДК 631.811: 581.14.145.21

ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА ПЛОДООБРАЗОВАНИЕ СЕМЕННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Мананкова О.П.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

Представлены результаты изучения действия гиббереллина на плодообразование семенных сортов винограда в условиях Крыма. Экспериментально установлено, что препарат повышает урожайность семенных сортов на 25-100%. В результате многолетних исследований доказана высокая эффективность и рентабельность применения гиббереллина на виноградных плантациях.

Ключевые слова: виноград, гиббереллин, плодообразование, масса грозди.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем в виноградарстве является повышение урожайности путем широкого применения регуляторов роста – гиббереллинов.

Большинство работ, проведенных в различных странах мира по испытанию гибберелина на виноградном растении, посвящено изучению его влияния на процесс плодообразования. Впервые в 1958 году Уивер приводит данные о большой эффективности гиббереллина на бессемянных сортах винограда и слабом влиянии его на семенные [1]. Аналогичные результаты были получены М.Х. Чайлахяном и М.М. Саркисовой [2], К.В. Смирновым и Е.П. Перепелицыной [3], Е.К. Плакидой и В.И. Габовичем [4].

В связи с тем, что в мировой практике до настоящего времени гиббереллин не применялся на семенных сортах, в наших исследованиях гиббереллин испытывался с целью улучшения плодообразования сортов винограда, принадлежащих к различным биологическим группам. Особое внимание в нашей работе было уделено семенным сортам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперимент были включены широко распространенные и районированные в Крыму обоеполые семенные сорта, такие как Мускат гамбургский, Мускат янтарный, Кардинал, Карабурну, Ранний Магарача.

Для обработки семенных сортов винограда мы использовали водный раствор гиббереллина концентрации – 50 мг/л. Эта концентрация была взята в связи с тем, что ранее проведенные опыты на семенных сортах винограда показали, что для этой группы сортов концентрация – 50 мг/л является наиболее оптимальной. Это относится также и к срокам обработки.

Цикл полевых исследований проводился в совхозе-заводе «Алушта» ПАО Массандра 1998-2002 гг. (5 сезонов); в совхозах «Солнечный» и «Виноградный» Симферопольского района в 1998-2000 гг. (3 сезона); в колхозе им. Ленина Бахчисарайского района в 1998-2004 гг. (7 сезонов).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные эксперименты показали, что обработки семенных сортов винограда гиббереллином в период цветения не являются оптимальными. Таким оптимальным сроком обработки является период через 10 дней после массового цветения. Более ранние и более поздние сроки обработки снижают эффективность применения препарата. Исследования, проведенные в Крыму на семенных сортах винограда, показали, что все изучаемые сорта положительно реагируют на обработку (табл. 1).

Таблица 1
Влияние гиббереллина на плодообразование обоеполых семенных сортов винограда

Сорта	Варианты опыта	Средняя масса грозди		Средняя масса 100 ягод		Среднее число ягод в грозди	
		г	в % к контролю	г	в % к контролю	шт	в % к контролю
Мускат янтарный	Контроль	200,0±10,4	100	233,4±11,6	100	92,5±4,9	100
	ГК, 50 мг/л	462,3±20,8	231,0	311,3±17,4	133,2	146,7±6,2	158,6
Мускат гамбургский	Контроль	297,8±12,5	100	221,1±9,7	100	123,5±6,5	100
	ГК, 50 мг/л	430,8±23,3	144,7	336,9±14,1	152,4	128,5±6,0	104,0
Кардинал	Контроль	488,3±21,5	100	598,6±23,3	100	75,8±4,2	100
	ГК, 50 мг/л	779,0±38,9	159,5	648,0±31,8	108,3	112,8±5,2	148,8
Карабурну	Контроль	446,0±21,4	100	297,4±13,4	100	154,8±7,6	100
	ГК, 50 мг/л	910,0±41,9	204,0	515,5±24,7	173,3	183,3±8,8	118,4
Ранний магарача	Контроль	335,6±15,1	100	151,8±6,5	100	217,5±8,9	100
	ГК 50 мг/л	592,0±32,6	176,4	275,9±13,8	181,8	225,8±11,3	103,8

Из данных Табл. 1 видно, что под влиянием гиббереллина наблюдается увеличение средней массы грозди у сорта Мускат янтарный – на 131 %, у сорта Мускат гамбургский – на 44,7 %, соответственно у Кардинала – на 59,5 %, у Карабурну – в 2 раза. При этом улучшаются товарные качества получаемой продукции, на 5 – 6 дней ускоряется срок созревания, содержание сахаров в соке

ягод практически не изменяется, а по некоторым сортам – Мускат янтарный, Кардинал, Чауш повышается.

Производственные испытания гиббереллина на вышеуказанных сортах в целом ряде хозяйств Крыма подтвердили высокую эффективность обработок гиббереллином.

В своё время в Крыму нашли широкое распространение такие высококачественные столовые сорта винограда как Чауш, Мадлен Анжевин, Нимранг. Однако одним из их недостатков явилось то, что они имеют функционально женский тип цветка и их посадку необходимо производить через ряд с сортами опылителями. Это затрудняло уход за этими сортами, а также в отдельные неблагоприятные для перекрёстного опыления годы они отличались низкой урожайностью. Поэтому площади промышленных насаждений этих сортов из года в год сокращались.

В связи с этим в наших опытах было уделено особое внимание действию гиббереллина на процесс плодообразования сортов с функционально женским типом цветка. В табл. 2 приведены данные о влиянии гиббереллина на процесс плодообразования у сортов Чауш и Нимранг.

Таблица 2

Влияние гиббереллина на плодообразование сортов винограда с функционально женским типом цветка

Сорта	Варианты опыта	Средняя масса грозди		Средняя масса 100 ягод		Среднее число ягод в грозди	
		г	в % к контролю	г	в % к контролю	шт	в % к контролю
Чауш	Контроль	176,0±9,2	100	246,1±15,1	100	70,1±4,3	100
	ГК, 40 мг/л	356,0±17,4	202,3	335,7±36,9	133,6	102,2±6,9	134,3
Нимранг	Контроль	388,2±24,5	100	421,1±21,9	100	86,0±4,2	100
	ГК, 40 мг/л	593,2±28,6	152,8	483,2±29,9	114,8	130,6±7,4	151,7

Как видно из данных Табл. 2 под влиянием гиббереллина у сорта Чауш средняя урожайность увеличивается в два раза, у сорта Нимранг – на 52,8 %. Это происходит как за счёт увеличения массы ягод, так и за счёт увеличения их количества в грозди. Так, например, у сорта Чауш средняя масса 100 ягод возросла по сравнению с контролем на 33,6 %, у Нимранга – на 14,8 %. Производственное испытание гиббереллина на этих сортах показало, что наиболее оптимальной концентрацией для них является 40 мг/л и срок обработки – через 10 дней после массового цветения.

В нашей работе было уделено особое внимание изучению развития семян в ягодах винограда под влиянием обработки гиббереллином, так как у отдельных сортов, и особенно технических, семена занимают значительный объём ягоды, а их образование и развитие требуют затраты большого количества элементов питания, которые могли бы быть использованы для формирования мякоти ягоды. Наши

исследования по изучению влияния гиббереллина на развитие семян в ягоде представлены в Табл. 3

Из данных табл. 3 видно, что средняя масса семян в 100 ягодах у сорта Мускат гамбургский уменьшилась при обработке гиббереллином с 15,06 г до 9,45 г, у сорта Чауш – соответственно с 36,96 г до 9,52 г. Количество семян в 100 ягодах у сорта Мускат гамбургский уменьшилось с 334,0 штук до 226,3 штук, соответственно у Чауша – с 176,0 штук до 68,0 штук.

Наши исследования подтвердили ранее полученные данные некоторых авторов о том, что гиббереллин ингибирует развитие семян [4-7].

Интересные данные получены при отношении массы мякоти ягоды к массе семян. У сорта Мускат гамбургский этот показатель в контроле равен 13,68, в то время как при обработке гиббереллином он составил – 34,65; у сорта Чауш – соответственно 7,50 и 46,97.

Таблица 3

Влияние гиббереллина на формирование семян в ягодах винограда сортов Мускат гамбургский и Чауш

Варианты опыта	Средняя масса 100 ягод, г	Средняя масса семян в 100 ягодах, г	Средняя масса мякоти 100 ягод, г	Кол-во семян в 100 ягодах, шт.	Отношение массы мякоти к массе семян
Мускат гамбургский					
Контроль	221,1±13,9	15,06±0,89	206,04±12,4	334,0±20,7	13,68
ГК, 50 мг/л	336,9±17,2	9,45±0,62	327,45±17,4	226,3±16,9	34,65
Чауш					
Контроль	314,3±21,1	36,96±1,99	277,34±18,0	176,0±8,27	7,50
ГК, 40 мг/л	456,7±38,8	9,52±0,83	447,18±25,5	68,0±4,01	46,97

Наличие семян в ягодах Чауша зависит от сортов опылителей, их размещения, погодных условий в период опыления; дожди и безветренная погода препятствуют опылению. Гиббереллин в таких условиях оказывается ещё более эффективным. Специально поставленные нами опыты в условиях, где посадки Чауша с опылителем ошибочно проведены по схеме – 4 ряда Чауша и 1 ряд опылителя (сорт Саперави) показали, что применение ГК по нашей технологии, путем тракторного опрыскивания, позволило увеличить урожайность сорта Чауш в этом хозяйстве до 65 ц/га. Хозяйство при такой схеме посадки Чауша, без дополнительного опыления и применения гиббереллина, практически не получало урожая. Он находился в пределах от 4 – до 7 ц/га. При обработке гиббереллином, в грозди развивается до 70

– 80 % бессемянных ягод нормальной величины, наряду с этим ускоряется срок созревания, и повышаются товарные качества получаемой продукции.

На основании проведенных исследований можно предположить, что при чистосортных посадках сортов с функционально женским типом цветка, таких как Чауш, Нимранг, Пухляковский, Мадлен Анжевин и применении гиббереллина можно получить 100 % бессемянных ягод в грозди.

Опыты и широкий диапазон сортов, на которых проводилось испытание гиббереллина в условиях Крыма, подтвердили гипотезу М.К. Мананкова [8, 9] о том, что независимо к какой биологической группе относятся сорта, эффективность применения гиббереллина зависит от склонности их к естественной партенокарпии. Чем больше в грозди развивается мелких горошащихся бессемянных ягод, тем выше эффект от применения гиббереллина.

Говоря о качестве продукции, мы можем утверждать, что она под влиянием гиббереллина не изменяется, а в отдельных случаях даже улучшается. Под влиянием ГК мелкие горошащиеся ягоды достигают нормальной величины, в связи с этим, улучшаются товарные качества грозди; повышается сахаристость сока ягод, снижается кислотность, а у столовых сортов улучшаются органолептические показатели, и, в частности, вкус ягод. В грозди увеличивается количество бессемянных ягод, этот показатель иногда достигает 90 %; уменьшается число семян в ягодах. Такой виноград можно использовать для сушки, с целью получения высококачественного изюма.

Таблица 4

Влияние гиббереллина на содержание сахаров и кислот в соке ягод винограда

Сорта	Варианты опыта	Химический состав сока ягод	
		Сахара, %	Кислоты, г/л
Мускат янтарный	Контроль	16,0 ± 0,89	7,4 ± 0,41
	ГК, 50 мг/л	17,2 ± 1,14	6,6 ± 0,29
Мускат гамбургский	Контроль	21,3 ± 0,75	6,6 ± 0,27
	ГК, 50 мг/л	22,0 ± 1,09	7,2 ± 0,35
Ранний магарача	Контроль	15,6 ± 1,01	7,6 ± 0,43
	ГК, 50 мг/л	16,8 ± 1,02	6,8 ± 0,37
Кардинал	Контроль	16,1 ± 0,52	8,1 ± 0,50
	ГК, 50 мг/л	17,4 ± 0,93	6,0 ± 0,37
Чауш	Контроль	12,6 ± 0,57	7,2 ± 0,48
	ГК, 40 мг/л	15,9 ± 1,02	4,9 ± 0,19
Нимранг	Контроль	14,0 ± 0,83	6,8 ± 0,55
	ГК, 40 мг/л	19,0 ± 0,89	5,4 ± 0,36

Как видно из данных Табл. 4 под влиянием гиббереллина содержание сахаров у сортов Мускат янтарный, Кардинал, Чауш, Нимранг – увеличивается, у Раннего магарача, Муската гамбургского увеличивается незначительно и одновременно наблюдается снижение содержания кислот.

Наши многолетние исследования показали, что содержание сахара в соке ягод находится в прямой зависимости от прибавки урожая и нагрузки на куст, на что в своё время указывал профессор М.К. Мананков [10, 11]. Интересно отметить, что аналогичная зависимость этих показателей наблюдается у кустов, которые не обрабатывались гиббереллином. Перегрузка их урожаем, независимо от того, с чем она связана, точнее с каким фактором: обработка гиббереллином, перегрузка при обрезке, внесение больших доз азотных удобрений, чрезмерный полив – как правило, приводит к снижению сахаристости сока ягод и повышению кислотности.

ВЫВОД

Таким образом, многолетние исследования на сортах, принадлежащих к различным биологическим группам, показали, что с помощью гиббереллина можно повысить продуктивность сортов с функционально женским типом цветка, в зависимости от условий естественного опыления, на 50-100 %; у обоеполюх семенных сортов – соответственно от 30 до 100 %. Приведенные выше показатели повышения урожайности могут колебаться по годам в зависимости от почвенно-климатических условий (осадки, температура воздуха и др.), а также от возможности выполнения в оптимальные сроки агротехнических приёмов.

В итоге можно констатировать, что применение гиббереллина на виноградниках, независимо от биологических особенностей сортов, должно стать важным агротехническим приёмом, который увеличивает продуктивность растений и способствует лучшему развитию виноградного куста.

Список литературы

1. Weaver R.J. Response of certain varieties of *Vitis vinifera* to gibberellin / R.J. Weaver, S.B. McCune // *Hilgardia*, 1959. – Vol. 28, № 13. – P. 297–350.
2. Чайлахян М.Х. Влияние гиббереллина на урожай различных сортов винограда / М.Х. Чайлахян, М.М. Саркисова // В сб.: Докл. конф. по гиббереллинам. – М.: Изд-во АН СССР. – 1961. – С. 27–33.
3. Смирнов К.В. Действие гиббереллина на грозди бессемянных сортов винограда / К.В. Смирнов, Е.П. Перепелицина // *Сельское хоз-во Узбекистана*. – 1962. – №2. – С.78–80.
4. Плакида Е.К. Применение гиббереллина в виноградарстве / Е.К. Плакида, В.И. Габович – К.: «Урожай». – 1964. – 102 с.
5. Кутько Л.Ф. Влияние гиббереллина на некоторые сорта винограда / Л.Ф. Кутько // *Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии*. – 1963. – № 5. – С. 22–24.
6. Мананкова О.П. Действие гиббереллина на морфофизиологические признаки и плодообразование винограда : автореф. дис. ... канд. биол. наук / О.П. Мананкова – Киев, 2001. – 19 с.
7. Ткаченко Г.В. Влияние гиббереллина на рост и плодоношение виноградной лозы / Г.В. Ткаченко // В сб.: Гиббереллины и их действие на растения. М.: изд-во АН СССР, 1963. – С. 235–240.
8. Мананков М.К. Физиология действия гиббереллина на рост и генеративное развитие винограда : автореф. дис. ... докт. биол. наук / М.К. Мананков – Киев, 1981. – 32 с.
9. Мананков М.К. Способы стимулирования плодообразования винограда сорта Коринка чёрная / М.К. Мананков // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 1982. – Т. 14, № 2. – С. 159–164.
10. Мананков М.К. Теория и практика применения гиббереллина в виноградарстве / М.К. Мананков // В сб. *Регуляторы роста растений*. – Л. – 1989. – С. 46–59.
11. Мананков М.К. Действие гиббереллина на плодообразование семенных сортов винограда / М.К. Мананков, Л.В. Булыгина // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 1989. – Т. 20, № 1. – С. 24–28.

Мананкова О.П. Вплив гібереліну на плодоутворення насінних сортів винограду в умовах Криму / О.П. Мананкова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 151-157.

Наведено результати вивчення дії гібереліну на плодоутворення насінних сортів винограду в умовах Криму. Експериментально встановлено, що препарат підвищує врожайність насінних сортів на 25 – 100 %. Внаслідок багаторічних досліджень доведена висока ефективність та рентабельність застосування гібереліну на виноградних плантаціях.

Ключові слова: виноград, гіберелін, плодоутворення, маса грона.

Manankova O.P. The influence of gibberellin on fruit formation of grapes` seed varieties in the Crimean conditions / O.P. Manankova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 151-157.

The results of studying the effect of gibberellin on fruit formation of grape` seed varieties in the Crimean conditions are presented. It was established experimentally that the preparation increases the yield of seed varieties in 25-100%. The long-term studies prove high efficiency and profitability of gibberellin use on grape plantations.

Keywords: grapes, gibberellin, fruit formation, the mass of the bunch.

Поступила в редакцію 17.11.2010 з.

УДК:612.172.1:612.776.1:612.81]-057.875:796/799

**ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ВЕСТИБУЛО-ОЛЬФАКТОРНО-ВЕГЕТАТИВНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В
ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И
ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КОРРЕКЦИИ**

Минина Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tnu-fr@rambler.ru*

Вестибуло-вегетативные взаимосвязи важны для поддержания адаптационных механизмов, а обонятельные стимулы могут вносить коррективы в обеспечение регуляции. С помощью нагрузочного вестибулярного тестирования возможно отслеживать изменения в результате коррекционных воздействий, выявлять как скрытые недостаточности регуляции, так функциональные резервы и их увеличение.

Ключевые слова: межсенсорные взаимодействия, вестибуло-вегетативные взаимосвязи, вегетативное обеспечение деятельности, индекс напряжения, «Полиоол».

ВВЕДЕНИЕ

Показатели вегетативного обеспечения деятельности отражает адаптационные механизмы организма. Неадекватные вегетативные реакции приводят к развитию дезадаптации. Нормальная жизнедеятельность организма возможна при его взаимодействии с внешней средой, что обеспечивается анализаторной деятельностью. По данным А.Т. Быкова и Т.Н. Маляренко межсенсорные взаимодействия во многом определяют функциональное состояние организма. [1, 2]. Е.К. Айдаркиным были исследованы механизмы влияния одорантов на эффективность зрительного и слухового опознавания [3].

С одной стороны, по данным ряда исследователей [4-6], отмечается, что эволюционно обусловленная морфофункциональная основа ольфакто-вегетативной системы во многом определяет вегетативное регулирование организма и формирование приспособительных реакций к изменяющимся условиям окружающей среды [7]. С другой стороны, при обеспечении движения одним из главных анализаторных систем является вестибулярная система. А.Н. Лапутин, В.А. Кашуба [8] считают вестибулярный аппарат центральным гравическим центром человека. От его восприятий зависит качество управленческих решений при построении движений и реализации всех жизненно важных программ двигательных действий и оптимальный уровень энергозатрат. На наш взгляд, межсенсорные

взаимодействия между обонятельной и вестибулярными системами не достаточно освещены в научных источниках, хотя их взаимосвязь очевидна.

Вестибулярная сенсорная система благодаря своим многочисленным морфологическим и функциональным связям обладает полифункциональностью и раздражение её вызывает не только соматические, но также сенсорные и вегетативные реакции организма, обеспечивающие гомеостаз [9-11].

К настоящему времени имеется большое количество работ, посвящённых изучению роли вестибулярной сенсорной системы в координации движений [12]. Но недостаточно освещена другая сторона взаимосвязи этой системы с движением, а именно её влияние на вегетативный статус организма, хотя каждый двигательный акт именно через вегетативные системы связан с его энергетическим обеспечением.

Таким образом, влияние биологически активных обонятельных стимулов через лимбическую систему будет отражаться на вестибулярных реакциях, и в целом на процессах вегетативной регуляции, а вестибулярная нагрузка будет служить индикатором для выявления функциональных сдвигов. Гипотетически, дополнительные сенсорные притоки, вызванные воздействием фракций эфирных масел в природных концентрациях, улучшают межсенсорные взаимосвязи, что способствует снижению энергозатрат на выполнение действий.

В связи с выше изложенным, целью нашего исследования явилось выявление влияния вестибуло-ольфакторно-вегетативных взаимосвязей на механизм вегетативного обеспечения деятельности в результате корригирующего воздействия композиционного одоранта «Полиол». Были поставлены следующие задачи:

1. Определить уровень физической работоспособности до и после 8-ми недель коррекции с применением одоранта «ПОЛИОЛ».

2. Изучить состояние регуляторных механизмов в покое, после беговой и вестибулярной нагрузок с определением индекса напряжения по Баевскому в различных возрастных группах женщин, до и после 8-ми недельного коррекционного курса.

3. Сравнить и проанализировать изменение уровня напряжения регуляторных механизмов в покое и после функциональных нагрузок в начале и по окончании коррекционного курса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время одним наиболее информативным, неинвазивным методом изучения функционального состояния организма является метод вариационной пульсометрии – анализа сердечного ритма. Сердце, как компонент мультипараметрического взаимодействия, реагирует на любые изменения гомеостаза, а его физиологические показатели могут объективно отражать состояние организма [13].

Нами было обследовано 60 практически здоровых женщин трёх возрастных групп- 19-20 лет (20 человек), 35-40 (15 человек), 55-60 (15 человек) до и после коррекционного воздействия природным одорантом «ПОЛИОЛ» в течении восьми недель, и 10 девушек 19-20 лет с высоким уровнем физической работоспособности в качестве контрольной группы, служившей примером оптимального уровня

функционирования функциональных резервов. Проведение процедуры аэрофитопрофилактики проводили по методике разработанной учеными Крымского НИИ физических методов лечения и медицинской климатологии им. И.М. Сеченова. Длительность приема процедур составила 8 недель. В состав одоранта входят эфирные масла кориандра, шалфея, розы и лаванды [14].

Физическую работоспособность исследовали с помощью велоэргометрического теста PWC-170 (Карпман, 1994). С целью оценки вегетативного обеспечения сердечной деятельности использовали вариационную пульсометрию по Баевскому. Индекс напряжения определяли по формуле Р.М. Баевского [15]. Исследования проводили как в состоянии покоя, так и после функциональных тестов – дозированного бега на тредбане мощностью 50 Вт, и вестибулярной вращательной пробе по Воячеку на кресле Барани. В пожилом возрасте бег заменён восхождением на ступеньку мощностью 25 Вт и вместо 10 вращений производили пять вращений. Анализировали изменения индекса напряжения в покое и после нагрузок. Измерения проводили до начала коррекционного курса и через восемь недель воздействия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе исходного уровня в группе девушек были выделены две подгруппы: с низким уровнем относительной физической работоспособности (<13 кгм/мин/кг-2 Вт), и средним (от 13 кгм/мин/кг до 15 кгм/мин/кг-2,5 Вт) [18]. В группе женщин 35-40 лет определили средний уровень физической работоспособности, а в группе пожилых женщин – низкий.

Таблица 1

Изменение уровня относительной физической работоспособности до и после коррекционного воздействия

Возраст и уровень физ. работоспособности	PWC ₁₇₀ ДО кгм/мин/кг ²	PWC ₁₇₀ ПОСЛЕ кгм/мин/кг ²	P
19-20 НУФР	10,0±0,2	13,2±0,8	<0,05
СУФР	14,3±1,0	14,8±1,1	>0,05
35-40 СУФР	13,3±0,8	13,9±0,9	>0,05
55-60 НУФР	7,8±0,4	10,5±0,5	<0,05
КОНТРОЛЬ	16,5±0,7	17,0±0,9	>0,05

Примечание: НУФР – низкий уровень физической работоспособности

СУФР –средний уровень физической работоспособности

p<0,05 – достоверные различия относительно исходного уровня по критерию Стьюдента

Коррекционное воздействие в виде вдыхания эфиромаслечных компонентов одоранта «Полиол» в природных концентрациях было направлено на увеличение эффективности механизмов управления регуляторными функциями организма за счёт оптимизации интегративных процессов в мозге [7]. В результате 8-ми недельного курса аэрофитокоррекции достоверное увеличение уровня физической

работоспособности произошло в группе девушек с низким уровнем и в группе пожилых женщин у которых также наблюдалась относительная физическая работоспособность на низком уровне (табл. 1).

При рассмотрении полученных данных о напряжении регуляторных систем с использованием индекса напряжения Баевского, определился факт достоверного влияния одоранта «Полиол» на уровень напряжения механизмов вегетативной регуляции в сторону его снижения после вестибулярной нагрузки во всех возрастных группах (табл. 2). После теста с беговой нагрузкой только в группе пожилых женщин наблюдалось достоверное снижение индекса напряжения. Это подтверждает, известный факт, что пороги для активации вегетативной нервной системы при вестибулярной активации ниже, чем для соматической [16]. Кроме того, динамика функций вегетативных систем в обеспечении деятельности далеко не всегда соответствует уровню энерготрат [17]. Более эффективная работа вестибулярного аппарата выражается высоким уровнем вестибулярной устойчивости и экономичной энерготратой на обеспечение движения. Функциональный уровень вестибулярного аппарата имеет важное значение для оперативного запуска вегетативных функций, повышающих энергетическое обеспечение организма в предстоящих двигательных реакциях при необходимости [16].

По всей видимости, дополнительные сенсорные притоки приводят к изменению процессов регуляции, связанных с вестибулярным аппаратом, в сторону их более эффективной работы.

Таблица 2

Изменение индекса напряжения (ИН) в различных возрастных группах до и после коррекции в покое, после бега и после вращения.

Воздействие	19-20 лет	35-40 лет	55-60 лет	контроль
До коррекции в покое	22±3,2	30,5±3,3	41±8,7	21±2,6
После коррекции в покое	25,5±2,8	30±3,2	33,5±7,1	22,5±3,1
До коррекции после бега	37±4,4	34,5±2,6	88,5±11,9	36±4,1
После коррекции после бега	38,5±2,0	37±3,8	48*±6,6	39±3,9
До коррекции после вращения	38±4,7	42±11,6	93,5±11,5	34±2,1
После коррекции после вращения	21*±1,6	33,5*±4,1	40,5*±11,6	33±3,1

Примечание:* -достоверные различия относительно покоя по критерию Уайта

Таким образом, повышение функциональной устойчивости вестибулярной сенсорной системы в результате пролонгированного воздействия одорантом «Полиол» можно расценивать как оптимизацию вегетативного обеспечения деятельности в виде снижения напряжения механизмов регуляции. Наше исследование показало, что уровень функционирования и напряжения механизмов регуляции после адекватной вестибулярной нагрузки может являться более чувствительным индикатором функциональных резервов или их отсутствия по сравнению с нагрузочным беговым

тестированием. Количественно этот результат можно выразить в виде коэффициента вегетативно-вестибулярной адаптивности- Квва.

$K_{вва} = \frac{ИН_{в}}{ИН_{п}}$, где $ИН_{п}$ – индекс напряжения в покое, а $ИН_{в}$ – индекс напряжения после вращательной пробы (рис. 1).

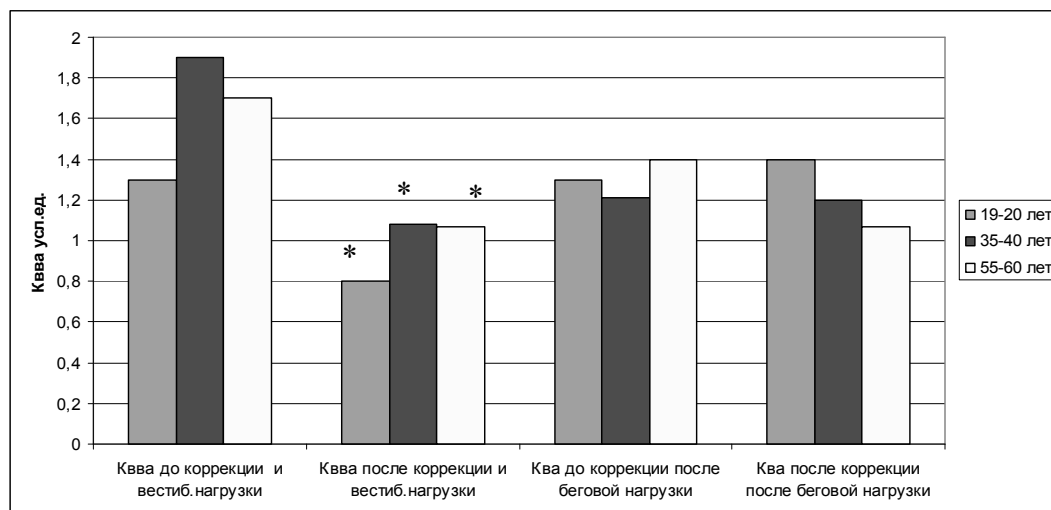


Рис1. Изменения коэффициента вегето-вестибулярной адаптивности в разных возрастных группах до и после коррекционного воздействия одорантом «Полиол» после различных нагрузок.

Примечание: * – достоверные различия по критерию Уайта.

В результате нашего исследования установлен ряд существенных закономерностей, на основании которых был разработан способ определения резервов вегетативной регуляции. При анализе группы девушек 19-20 лет с высоким уровнем физической работоспособности, Квва был максимально приближен к 1, что можно принять за норму.

ВЫВОДЫ

1. После коррекционного восьминедельного курса воздействием композитным одорантом «Полиол» было определено достоверное увеличение уровня относительной физической работоспособности в группах с исходным низким уровнем.
2. Изучив динамику индекса напряжения до и после коррекционного курса можно заключить, что информативность вестибулярного тестирования более высокая, по отношению к тесту с беговой нагрузкой. Вестибуло-вегетативные взаимосвязи важны для поддержания адаптационных механизмов в различные возрастные периоды женщин, а обонятельные стимулы могут вносить коррективы в обеспечение регуляции.

3. С помощью вестибулярного тестирования возможно оценивать изменения в результате коррекционных воздействий, выявлять как степень напряжения регуляторных механизмов, так и функциональные резервы, количественным выражением которых может быть коэффициент вегетативно-вестибулярной адаптивности - Квва.
4. Композитный одорант «Полиоол», применённый восьминедельным курсом, в качестве дополнительного сенсорного притока, вероятно способствовал межсенсорному взаимодействию, а как следствие оптимизации регуляторных процессов и переход на более экономичный режим работы.

Список литературы

1. Быков А.Т. Ароматерапия в управлении вегетативной регуляцией ритма сердца/ А.Т. Быков. // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры : двухмесячный науч.-практич. журн. / МЗ РФ Российский научный центр восстановительной медицины и курортологии. – 2003. – № 6. – С. 6–9.
2. Роль комплексного сенсорного притока и механизма памяти в замедлении старения / Ю.Е. Маляренко, А.Т. Быков, Т.Н. Маляренко [и др.] // Валеология. – 2004. – №3. – С. 50–58.
3. Айдаркин Е.К. О нейрофизиологических механизмах влияния одорантов на эффективность зрительного распознавания/ Е.К. Айдаркин, О.Л. Кондупьян // Валеология. – 2006. – №3. – С. 66–71
4. Минор А.В. Физиологические механизмы работы обонятельных рецепторных клеток / А.В. Минор // Сенсорные системы. Обоняние и вкус. – Л.:Наука. – 1980. – С. 3–12.
5. Ким В.В. Роль сенсорных систем в вегетативном обеспечении мышечной работы/ В.В. Ким, М.Н. Щансков // Функциональные резервы спортсменов различной квалификации и специализации : Межвуз. Сб. научн. Трудов. – Л., – 1986. – С. 86–90.
6. Макаручук М.Ю. Роль нюхового анализатора в інтегративній діяльності мозку: автореф. дис. доктора біологічних наук / М.Ю. Макаручук – КНУ ім.Т.Шевченка. – 1999. – 36 с.
7. Орбели Л.А. О взаимоотношениях афферентных систем / Л.А. Орбели // Физиологический журнал СССР. – №6. – С.1105–1113.
8. Лапутин А.Н. Формирование массы и динамика гравитационных воздействий тела человека в онтогенезе/ А.Н. Лапутин, В.А.Кашуба – К.: Знания. – 1999. – 201 с.
9. Байбуртская С.А. Изучение лабиринтных двигательных и вегетативных рефлексов у фигуристов/ С.А. Байбуртская // Проблемы юношеского и детского спорта. – М.:Физкультура и спорт, 1973. – С. 9–12.
10. Блещунов Н.В. Смена вегетативных реакций при вестибулярных раздражениях у биатлонистов / Н.В. Блещунов, Н.М Терентьева // Теория и практика физического воспитания и спорта. – К.: Здоровья. – 1973. – №4.4 – С. 58–60.
11. Болобан В.Н. Система обучения движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости : автореф. дисс. доктора пед. наук / В.Н.Болобан – К.: КГИФК, 1990. – 42 с.
12. Коренберг В.Б. Проблема анализа сохранения устойчивости своего тела / В.Б. Коренберг // Человек в мире спорта : Матер.междунар.конгресса Т.!. – М.: Физкультура, образование и наука, 1998. – С. 54–55.
13. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. / Баевский Р.М. – М.: Медицина, 1979. – 324 с.
14. Патент № 41560 А. Украина. МПК А 61 К 35/78. Композиція ефірних олій “Поліол” / Солдатченко Сергей Сергеевич, Пидаев Андрей Владимирович. – Заявка № 2000031337. – Заявл. 07.03.2000г. – Опубл. 17.09.2001 г., Бюл. № 8.
15. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.М. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
16. Хиллов К.Л. Функции органов равновесия и болезнь передвижения./ Хиллов К.Л.– М.: Медицина, 1969. – 320 с.
17. Интеграция двигательных и вегетативных функций при мышечной работе / А.Б. Гандельсман, Т.А. Евдокимова, В.В. Ким [и др.] // Физиологический журнал им. Сеченова. – 1984. – Т.70. – №17. – С. 1611–1616.

18. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик – М., «Медицина», 1990. – 192 с.

Мініна О.М. Вікові особливості вестібуло-ольфакторно-вегетативних взаємозв'язків в забезпеченні вегетативної регуляції діяльності і можливості їх корекції / О.М. Мініна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 158-164.

Вестібуло-вегетативні взаємозв'язки важливі для підтримки адаптаційних механізмів в різні вікові періоди жінок, а нюхові стимул-реакції можуть вносити корективи до забезпечення регуляції. За допомогою вестібулярного тестування навантаження можливо відстежувати зміни в результаті коректувальних дій, виявляти як приховані недостатності регуляції, так функціональні резерви і їх збільшення.

Ключові слова: міжсенсорні взаємодії, вестібуло-вегетативні взаємозв'язки, вегетативне забезпечення діяльності, індекс напруги, «Поліол».

Minina E.N. Age-dependent features of vestibulo-olfactorno-vegetativnykh of intercommunications are in providing of vegetative adjusting of activity and possibility of their correction / E.N. Minina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 158-164.

Vestibulo-vegetative intercommunications are important for maintenance of adaptation mechanisms in different age-dependent periods of women, and olfactory stimuli can amend in providing of adjusting. By the loading vestibular testing it is possible to watch changes as a result of correction influences, to expose as hidden adjusting insufficiency, so functional backlogs and their increase.

Keywords: intersensory co-operations, vestibulo-vegetative intercommunications, vegetative providing of activity, index of tension, «Poliol».

Поступила в редакцію 10.12.2010 з.

УДК 574.3:595.771

БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМАРОВ Р. *CULEX* (*DIPTERA*, *CULICIDAE*) В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ КРЫМА

Разумейко В.Н.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: razumeiko@gmail.com

Рассмотрено биотопическое распределение комаров р. *Culex* в различных ландшафтно-климатических зонах Крыма, охарактеризовано основные черты их биологии и экологии, эпидемиологическое значение.

Ключевые слова: комар, *Culex*, биотоп, ландшафт.

ВВЕДЕНИЕ

Кровососущие комары рода *Culex* (сем. *Culicidae*, п/сем. *Culicinae*) распространены повсеместно и насчитывают более 500 видов, тяготеющих преимущественно к тропикам и субтропикам. В странах умеренного климата зарегистрировано 14 видов [1]. Изучение комаров комплекса *Culex* весьма актуально в связи с их эпидемиологической значимостью, широким распространением отдельных видов на урбанизированных территориях и высокой численностью в отдельных регионах.

Вопросы биоразнообразия и динамики численности кровососущих комаров в условиях Крыма и влияние на них факторов среды освещались в литературе ранее [2-5]. Однако анализ биотопического распространения видов р. *Culex* в Крыму изучен поверхностно и не представляет собой целостной картины.

Борьба с кровососущими комарами, являющимися переносчиками возбудителей трансмиссивных заболеваний – непростая задача, требующая детального знания специфики их видового состава, биологии и экологии в различных ландшафтно-климатических зонах [6]. В связи с вышеизложенным, целью работы явилось исследование закономерностей биотопического распределения комаров р. *Culex* в различных ландшафтно-климатических зонах Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор личинок и имаго комаров проводили во время диптерологических обследований населенных пунктов и открытых биотопов повсеместно по районам и городам АР Крым, начиная с 2003 по 2008 г. в течение всего сезона выноса комаров (март-декабрь) по единой методике. Сезонный ход численности имаго, сроки лёта изучали путём пятиминутного отлова имаго стандартным сачком, через

каждые четыре дня на протяжении всего сезона. Плотность имаго определяли в экземплярах на помещение за 15 минутную экспозицию. Плотность на преимагинальных фазах комаров учитывали в контрольных водоёмах разного типа при помощи фотокуветы размером 20 x 25 см, с пересчётом в экземплярах на 1 м² водной поверхности, через каждые четыре дня на протяжении всего сезона. В электронную базу занесли данные сборов более 100 тыс экз. кровососущих комаров из 3200 точек сбора. Видовую идентификацию проводили с помощью стандартных определителей [7-8]. Анализ пространственно-координационной информации проводили с использованием программы ArcView GIS 3.2. Электронную базу и статистическую обработку осуществляли с использованием программного продукта SPSS 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной чертой представителей р. *Culex* является теплолюбивость, вследствие чего они не продвигаются далеко на север [9]. В Крыму зарегистрировано 9 видов комаров, относящихся к этому роду [10]. Среди них особое место занимает комплекс *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758), в состав которого входят несколько подвидов с небольшими морфологическими и весьма значительными биологическими отличиями, в том числе и способностью к передаче возбудителей инфекции человека и животных. Комары данного комплекса широко распространены в большинстве биотопов в равнинной и горной частях Крыма.

Как известно, в Крыму выделяют степную провинцию и горный Крым, которые, в свою очередь, подразделяют на ряд многоступенчатых природных ландшафтных уровней [11]. При рассмотрении вопросов распределения кровососущих комаров данная классификация представляется наиболее приемлемой.

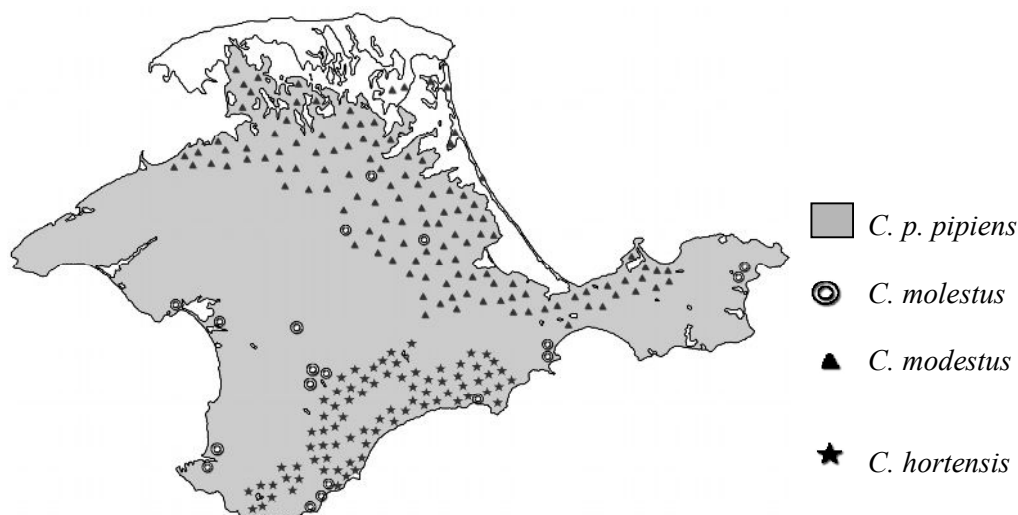


Рис. 1. Распределение массовых видов комаров р. *Culex* на территории Крыма.

Наиболее массовыми видами р. *Culex* в Крыму являются *Culex (C.) pipiens pipiens* L., *C. (N.) hortensis* Fic., *C. (B.) modestus* Fic., и *C. (C.) p. molestus* Forsk. Распределение их на территории Крыма представлено на рис. 1. Как видно на этом рисунке, комар *C. p. pipiens* встречается практически повсеместно в равнинной и горной частях Крыма. *C. modestus* занимает территорию Северо-Крымской низменной степи Крымской степной провинции. *C. hortensis* обитает на территории Главной горно-лугово-лесной гряды и Крымского южнобережного субсредиземноморья Горного Крыма. Типично синантропный *C. p. molestus* приурочен к городским ландшафтам и крупным селитебным дорожным развязкам Крыма.

В пределах Крымской степной провинции в Центрально-Крымской равнинной степи на плакорах, встречается в малом количестве только *C. p. pipiens*, что обусловлено наличием здесь малого количества пригодных водоёмов для выплода личинок и незначительным их разнообразием. На гидроморфных низменностях Северо-Крымской низменной степи и Тарханкутской возвышенной равнины отмечены *C. modestus*, *C. hortensis*, *C. theileri* и *C. p. pipiens*. Указанные виды также встречаются в предгорной лесостепи Крыма на равнинах и куэстовых возвышенностях. В дубовых, фисташковых и можжевельниковых лесах Крымского южнобережного субсредиземноморья кроме этих видов также отмечены *C. territans*, *C. torrentium* и единично встречается достаточно редкий вид *C. mimeticus*. Что касается дубовых, сосновых и смешанных лесов Южного берега Крыма среднегорного ландшафтного уровня, то в них отмечен редкий для Крыма вид *C. martinii*. Также здесь присутствуют виды *C. territans*, *C. hortensis*, *C. torrentium* и *C. p. pipiens*. В дубовых и смешанных лесах северного макросклона Главной горно-лугово-лесной гряды встречается вместе с ними *C. modestus*. Интересно то, что на яйлах в горной лесостепи и горных лугах отмечены только комары комплекса *C. pipiens*. Это несколько неожиданные сведения, т.к. давно известно, что для видов, входящих в комплекс, характерно интенсивное размножение в городах и пригородах, причём в водоёмах, загрязнённых органическими веществами животного происхождения.

Личинки комаров р. *Culex* встречаются повсеместно в водоёмах практически во всех биотопах лесостепной зоны предгорного Крыма. Как видно из данных Табл. 1, типичным представителем биотопов предгорной лесостепи является *C. p. pipiens* с достаточно высокой плотностью личинок в водоёмах. Личинки *C. p. pipiens* также найдены в водоёмах главной горно-лугово-лесной гряды, в том числе, в бучинах, в дубравах и в смешанных лесах. *C. hortensis* и *C. territans* также приурочены к водоёмам дубрав и заболоченностям овражно-балочной системы предгорья. Отмечена высокая плотность личинок *C. hortensis* в лесных водоёмах в дубравах и мочажинах. Точечно в мочажинах предгорной лесостепи отмечены личинки *C. modestus*, *C. martinii* и *C. torrentium* с низкой плотностью.

Таблица 1.
Средние значения плотности личинок различных видов комаров р. *Culex* в биотопах лесостепной зоны Крыма (экз./м²)

№ П/П	Вид	Биотопы предгорной лесостепи				
		Пруды и водохранилища разнотравных степей	Пруды, водохранилища и карьеры лесостепи	Лужи, реки и ручьи в дубовых лесах	Мочажины	
					Открытый склон	Закрытый склон
1.	<i>C. p. pipiens</i>	3,4±0,06	59,3±1,18	39,6±0,7	31,8±0,63	–
2.	<i>C. territans</i>	–	–	19,4±0,3	4,4±0,08	–
3.	<i>C. hortensis</i>	–	–	45,8±0,9	19,1±0,38	49,2±0,98
4.	<i>C. modestus</i>	–	–	–	6,3±0,12	–
5.	<i>C. martinii</i>	–	–	–	11,0±0,3	–
6.	<i>C. torrentium</i>	–	–	–	–	4,1±0,08

Являясь единственным видом в большинстве неглубоких водоёмов (табл. 2), личинки *C. hortensis* в массе выплываются в горной части Крыма. Изредка личинки *C. hortensis* можно встретить в постоянных и относительно чистых от органических остатков лужах лесной зоны. Однако, предпочтение этот вид отдаёт водоёмам с богатой зелёной растительностью. Имаго *C. hortensis* неохотно нападают на человека и большую часть времени проводят в сырой части леса либо пещерах. В прудах и водохранилищах предгорий также в массе отмечены менее требовательные к чистоте водоёма личинки *C. p. pipiens*.

Таблица 2.
Средние значения плотности личинок комаров р. *Culex* в биотопах Горного Крыма (экз./м²)

№ П/П	Вид	Биотопы главной горно-лугово-лесной гряды		
		Постоянные лужи	Реки и ручьи	Пруды и водохранилища
1.	<i>C. p. pipiens</i>	–	–	30,2±0,64
2.	<i>C. hortensis</i>	1,3±0,06	53,2±1,06	33,7±0,67

Личинки *C. hortensis* с высокими показателями плотности (до 60 экз./м²) в массе выплываются с водоёмов с разной степенью минерализации. В умеренно минерализованных водоёмах (минерал. 1001-3000) обнаружены личинки *C. modestus* с достаточно высокой плотностью, в среднем около 20 экземпляров на м². Также в сильно минерализованных водоёмах (минерал. 3001-6000 мг/л) найдены личинки редкого для Крыма вида *C. martinii* с плотностью не более 2-3 экземпляров на м².

В горной ландшафтно-климатической зоне Крыма отдельную от природных биотопов группу составляют урбобиотопы. Это, прежде всего, крупные города, такие как: Симферополь, Алушта, Ялта, Севастополь. Здесь, рядом с фруктовыми садами и лесопарковыми насаждениями в городских строениях и усадьбах сельского типа, в пределах фильтрационных обнажений местной канализации в массе выплаживаются комары *C. p. pipiens*. Их нападения на человека регистрируются в поздневечерние и ночные часы, причём как в помещении, так и на свежем воздухе. Насосавшиеся крови самки рассредоточиваются, в основном, в прохладных и сырых подвалах и подъездах многоэтажных домов. Выплодившиеся самки и самцы концентрируются днём в зарослях растительности у мест выплода, в смотровых колодцах на полях фильтрации. Также отмечена высокая активность комаров возле канализационных колодцев вблизи р. Салгир в пределах городской черты. Здесь же встречаются самки со зрелыми яйцами и единичные особи на разных стадиях переваривания крови. Многочисленные голодные самки, самцы и реже сытые самки в жаркие дневные часы укрываются в подвалах и подъездах зданий городского типа, залетая туда со сквозняком. Особо удобными «комариными» убежищами являются труднодоступные брошенные подвальные помещения, где сосредотачиваются переваривающие кровь самки, но эти биотопы встречаются крайне редко. Интересно, что в деревянных домах сельского типа комаров днём не было обнаружено.

Таким образом, в крупных городах Крыма влаголюбивые *C. p. pipiens* в качестве мест днёвок находят достаточное количество естественных убежищ с благоприятным микроклиматом, что соответственно характеризует экзобиофилию популяций. В то же время, обитая на обжитой территории, комары легко осваивают и постройки человека, с подходящим для них микроклиматом.

В городах и крупных посёлках конкурентом *C. p. pipiens* является его подвид *C. p. molestus*. Внешне они не различимы, и отличаются лишь особенностями обитания и жизнедеятельности. В частности, личинки *C. p. molestus* в отличие от *C. p. pipiens* могут развиваться в воде с высокой степенью загрязнённости органическими веществами и в полной темноте [1].

В городах Евпатория и Саки, расположенных на территории равнинной ландшафтно-климатической подгруппы, природные убежища комаров *C. p. pipiens* в летнее время немногочисленны. В результате высоких летних температур воздуха редкая травянистая растительность сильно выгорает, водоёмы здесь в основном солёные с редкой прибрежной растительностью, почти не дающей тени. Пресные водоёмы встречаются редко и служат временными убежищами выплодившихся комаров. Наиболее типичными местами выплода являются микроводоёмы, образовавшиеся в результате атмосферных осадков, ёмкости с водой, заготовляемой жителями для полива в летний период и декоративные водоёмы. Основными местами днёвок голодных самок и самцов являются городские постройки: навесы, сараи, колодцы, которые служат однодневными убежищами. Птичники, хлева, подъезды и затопленные водой подвалы многоэтажных зданий в микрорайонах городов, первые этажи частных домов, используемые для хозяйственных целей, представляют собой благоприятные по микроклимату убежища, в которых

сосредотачивается основная масса самок на всех стадиях гонотрофического цикла, а также голодные самцы. Комары *C. p. pipiens* питаются на человеке и птицах охотнее, чем на сельскохозяйственных животных. Таким образом, в условиях городов Евпатория и Саки летом синантропные популяции *C. p. pipiens* характеризуются высокой степенью эндофилии.

На Южном берегу Крыма (табл. 3), в водоёмах канализационной сети на полях фильтрации в огромном количестве выплывают личинки *C. p. pipiens* в количестве более 1000 экземпляров на м² водной поверхности. Личинки этого вида также в массе наблюдаются во временных меженных источниках Восточного Южнобережья. Личинки *C. hortensis* массово выплывают практически во всех временных и постоянных относительно чистых, обогащённых кислородом, мелких водоёмах Южного берега Крыма, особенно в западной его части. Личинки *C. territans* в малом количестве также найдены во многих заболоченных непересыхающих на лето мелких водоёмах Южнобережья, характеризующихся богатой зелёной растительностью и повышенной инсоляцией. Аналогичные находки описаны А.И. Величевич [12] в ряде водоёмов Южного берега Крыма.

Таблица 3.

Средние значения плотности личинок комаров р. *Culex* в различных биотопах Южного берега Крыма (экз./м²)

№ П П	Вид	Биотопы южнобережного субсредиземноморья						
		Реки и ручьи		Источники		Пруды		Канализационные сети
		Западное южнобережье	Восточное южнобережье	Западное южнобережье	Восточное южнобережье	Западное южнобережье	Восточное южнобережье	
1.	<i>C. territans</i>	9,8± 0,19	3,9± 0,07	17,8± 0,35	–	28,0± 0,84	29,6± 0,57	–
2.	<i>C. hortensis</i>	63,1± 1,26	33,7± 0,67	59,9± 1,19	18,6± 0,37	61,9± 1,22	45,7± 0,91	–
3.	<i>C. p. pipiens</i>	3,0± 0,05	28,5± 0,54	27,3± 0,54	82,4± 1,61	9,2± 0,18	19,1± 0,03	1164± 23,27

Гидроморфные низменности Крыма относят к зоне активного поливного земледелия, с богатой сетью рисовых плантаций, рыбных хозяйств и большим количеством природных и искусственных озёр и пойменных заболоченностей. В посёлках и фермерских хозяйствах много дикой и домашней птицы, рогатого скота. Выплод комаров здесь происходит в основном в канавах оросительных каналов, заболоченностях, декоративных водоёмах. Питание комаров кровью происходит как на открытом воздухе, так и в помещении. Большинство комаров, напившись ночью

крови в помещениях, остаются там на днёвки. Самки с кровью регистрировались в огромном количестве (более 200 экземпляров на 20 м²) в птичниках и хлевах. Реже они встречались в жилых домах и необитаемых постройках (до 30 экземпляров на 20 м²). Продолжительность пребывания напившихся крови самок на днёвках напрямую зависит от времени пищеварения и микроклимата убежищ. Большинство днёвок характеризуются неблагоприятными для комаров суточными изменениями микроклимата, вследствие которых комары находятся непродолжительное время на днёвках, перелетая затем в другое место. В результате этого на таких днёвках происходит постоянное перераспределение комариного населения. В условиях сухого жаркого климата степного Крыма убежища в зарослях растительности не всегда благоприятны для влаголюбивого комплекса *C. pipiens*. Поэтому комары часто находят защиту от лучей палящего солнца в постройках человека. Этим объясняется и их более скрытый образ жизни, чем в среднегорной зоне Крыма.

Как видно на Табл. 4, в равнинном Крыму массово встречаются 4 вида из р. *Culex*. В дренажных водоёмах мелиорационной сети Северо-Крымского канала велика плотность личинок *C. p. pipiens*, массово заселяющих также опреснённые участки солёных озёр и солончаковые болота Северного Крыма. Для Крымской степной провинции *C. modestus* является типичным видом, в массе выплывающимся в рисовых чеках, опреснённых водоёмах гидроморфных низменностей и дренажных каналах открытой поливной сети на полях. Личинки *C. theileri* изредка встречаются на переувлажнённых солончаковых лугах Северного Крыма и вместе с личинками *C. p. pipiens* в подах и колях Керченского полуострова. Подобные встречи подтверждены Е.В. Алексеевым [13] в солёных водоёмах Ленинского района Крыма. Личинки *C. hortensis* найдены только на рисовых полях равнинного Крыма, где на них оказывают конкурентное давление массовые виды личинок комаров других родов.

Таблица 4.
Средние значения плотности личинок комаров р. *Culex* в различных биотопах Равнинного Крыма (экз./м²)

№ ПП	Вид	Биотопы крымской степной провинции				
		Рисовые поля	Опреснённые участки солёных озёр гидроморфных низменностей	Солончаковые болота и переувлажнённые солончаковые луга	Открытые дренажные каналы	Пода и колы Керченского полуострова
1.	<i>C. p. pipiens</i>	–	29,2±0,58	20,8±0,41	41,1±0,85	8,2±0,16
2.	<i>C. modestus</i>	44,7±0,89	30,1±0,6	–	28,7±0,57	–
3.	<i>C. theileri</i>	–	–	1,1±0,03	–	8,3±0,16
4.	<i>C. hortensis</i>	15,2±0,3	–	–	–	–

Обобщая полученные данные по распределению личиночного населения комаров р. *Culex* по биотопам в Крыму, можно отметить, что прослеживаются некие закономерные тенденции. Общее разнообразие видовых сообществ комаров р. *Culex* в Крыму может зависеть от ряда факторов, такие как природная зональность, типы биотопа и ценоза, к которым приурочены комары, экотонные эффекты, выраженные на границах городов и ландшафтов. Так, личинки *C. hortensis* тяготеют к природным биотопам предгорной и среднегорной зоны и к Южному берегу Крыма. Личинки *C. modestus* в массе занимают большинство биотопов равнинного Крыма, включая гидроморфные низменности и плакоры. Личинки *C. p. pipiens*, самого массового комара Крыма, избирательно занимают природные и искусственные водоёмы на всей территории Крыма, отдавая предпочтение водоёмам с повышенным содержанием органических остатков. Личинки других видов комаров из р. *Culex* занимают также многие типы биотопов, однако выплод их весьма незначителен по сравнению с вышеуказанными видами. В целом, для Крыма сообщества комаров р. *Culex* отличаются достаточно устойчивым существованием фауны в природе и даже в крупных городах.

ВЫВОДЫ

1. На территории Крымского полуострова среди комаров р. *Culex* как по численности, так и по разнообразию мест выплода, доминирует *Culex pipiens*. Достаточно массовыми являются *C. modestus* – в равнинной части Крыма, *C. hortensis* – в Горном Крыму, и *C. molestus* – в городах и крупных посёлках.
2. Вследствие антропогенной трансформации Крымского южного бережья, резко возросло количество синантропного *C. p. pipiens*, который является индикатором чистоты многочисленных искусственных мелких водоёмов на ЮБК.
3. Сравнение поведения *C. p. pipiens* в городских и сельских населённых пунктах в различных ландшафтно-климатических зонах Крыма даёт основание считать, что климатические факторы и хозяйственная деятельность человека определяют степень экзо- и эндофилии вида. Для синантропных популяций *C. p. pipiens*, обитающих в засушливой степной зоне, характерна эндофилия, что повышает степень контакта комаров с человеком и, следовательно, их эпидемиологическое и эпизоотологическое значение.

Список литературы

1. Виноградова Е.Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России / Е.Б. Виноградова // Тр. ЗИН РАН. – СПб, 1997. – 271. – 307 с.
2. Алексеев Е.В. Биоразнообразие кровососущих комаров (*Diptera, Culicidae*) Крыма, его происхождение и эпидемиологическое значение / Е.В. Алексеев // Вопросы развития Крыма. – Симферополь, 2003. – В. 15. – С. 111–131.
3. Разумейко В.Н. Динамика численности кровососущих комаров и факторы, влияющие на неё в Крыму / В.Н. Разумейко, Л.Ф. Сосновская // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: Тематический сборник научных трудов / Под ред. В.Г Мишнёва, А.Н. Олиферова. – Симферополь: Таврия, 2004. – В. 14. – С. 160–169.

4. Разумейко В.Н. Экология комаров *Culex pipiens pipiens* l. в различных ландшафтно-климатических зонах Крыма / В.Н. Разумейко // Загальна і прикладна ентомологія в Україні: Тези наукової конференції. – Львів, 2005. – С. 178–180.
5. Алексеев Е.В. Кровососущие комары (*Diptera, Culicidae*) антропогенных ландшафтов равнинного Крыма / Е.В. Алексеев, В.Н. Разумейко // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: Тематический сборник научных трудов / Под ред. В.Г. Мишнёва, А.Н. Олиферова. – Симферополь: Таврия, 2005. – В. 16. – С. 120–129.
6. Руководство по медицинской энтомологии / Под ред. В.П. Дербеневой-Уховой. – М., Медицина, 1974. – 314 с.
7. Гуцевич А.В. Комары. Семейство Culicidae / Гуцевич А.В., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. // Фауна СССР. Насекомые двукрылые. – Л., Наука, 1970. – Т. 3, Вып. 4. – 384 с.
8. Шеремет В.П. Кровосисні комарі України. / Шеремет В.П. – К.: Київський університет. – 1998. – 33 с.
9. Виноградская О.Н. Географическое распространение комаров – переносчиков инфекций / Виноградская О.Н. – М.: Медицина, 1969. – 164 с.
10. Алексеев Е.В. Кровососущие двукрылые Крымского полуострова / Е.В. Алексеев, А.А. Панченко, В.Н. Разумейко // Материалы Совещания по проблемам изучения кровососущих насекомых. – Санкт-Петербург, Изд-во ЗИН РАН, 2006. – С. 215–217.
11. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа; спр. изд. / Подгородецкий П.Д. – Симферополь: Таврия, 1988. – 192 с.
12. Величкевич А.И. К фауне и экологии комаров Южного берега Крыма / А.И. Величкевич // Паразитол. сб. – 1936. – Т.6. – С. 137–145.
13. Алексеев Е.В. К фауне кровососущих комаров Керченского полуострова / Е.В. Алексеев // Вестник зоологии. – 1973. – № 5. – С. 48–52.

Разумейко В.М. Біотопічний розподіл комарів р. *Culex* (*Diptera, Culicidae*) в різних ландшафтно-кліматичних зонах Криму / В.М. Разумейко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 165-173.

Розглянуто біотопічний розподіл комарів р. *Culex* в різних ландшафтно-кліматичних зонах Криму, охарактеризовано основні риси їхньої біології та екології, епідеміологічне значення.

Ключові слова: комар, *Culex*, біотоп, ландшафт.

Razumeyko V.N. Biotopical distribution of mosquito genus *Culex* (*Diptera, Culicidae*) in different landscape-climatic zones of the Crimea / V.N. Razumeyko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 165-173.

Biotopical distribution of mosquito genus *Culex* in different landscape-climatic zones of the Crimea are considered, epidemiological value, the main features of their biology and ecology are described.

Keywords: mosquito, *Culex*, biotope, landscape.

Поступила в редакцію 12.11.2010 г.

УДК 582.42/47 (477.75)

**ГОЛОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО**

Репецкая А.И., Савушкина И.Г., Леонов В.В., Сейт-Аблаева С.С.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: anna.repetskaya@gmail.com*

В статье приведены данные анализа коллекции голосеменных растений Ботанического сада Таврического национального университета им. В.И. Вернадского по систематическому, ботанико-географическому и архитектурно-планировочному принципам.

Ключевые слова: голосеменные, таксон, кониферетум, коллекция, ботанический сад.

ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в фитооптимизации среды играет введение в насаждения садово-парковых комплексов древесно-кустарниковых аборигенных и интродуцированных растений, среди которых особое место занимают голосеменные, и в первую очередь хвойные. Они обладают высокой фитонцидной активностью, поглощают вредные газы, осаждают пылевые частицы, долговечны, нетребовательны и достаточно устойчивы к абиотическим и биотическим факторам, а также в отличие от листопадных покрытосеменных имеют высокий декоративный эффект в любое время года. В связи с этим, обогащение культурной дендрофлоры представителями голосеменных растений выполняет архитектурно-декоративные, санитарно-гигиенические и эстетические функции [1].

Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского является одним из наиболее молодых в Украине. Он был создан в 2004 г. на базе парка-памятника «Салгирка», от которого ботанический сад получил довольно богатое наследие в виде дендрологической коллекции. Первые посадки деревьев, в том числе и представителей голосеменных, сохранившиеся до наших дней, на этой территории были выполнены еще в 20-30-х годах XIX в. В настоящее время растения достигли значительных размеров и являются украшениями центральной исторической части сада.

С момента создания ботанического сада и по сегодняшний день проводятся работы по реконструкции существующих садово-парковых комплексов, очистке от усохших и больных деревьев, уходу за древесно-кустарниковыми насаждениями. Вместе с тем, преобразование парка в ботанический сад потребовало радикальной реконструкции зеленых зон, предполагающей пополнение видового состава растений. Согласно проведенной инвентаризации, на момент передачи парка

«Салгирка» университету, на его территории произрастало около 8 тысяч деревьев и кустарников, относящихся к 110 видам 74 родам и 37 семействам [2]. С 2004 года начата работа по увеличению видового и сортового разнообразия за счет создания экспозиций систематической направленности.

Целью настоящей работы является оценка современной коллекции голосеменных растений Ботанического сада ТНУ и перспектив ее развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований являются представители отдела Pinophyta, произрастающие в Ботаническом саду ТНУ.

Для оценки коллекции голосеменных растений проведена инвентаризация и подеревная съемка с регистрацией видовой принадлежности, измерением основных морфометрических показателей (высота и диаметр ствола) и оценкой жизнеспособности. Исследования проводили по стандартным методикам [3, 4]. Первоначальная ревизия и изучение состояния древостоя были проведены при создании ботанического сада в 2003 г., повторная инвентаризация выполнена в январе-феврале 2010 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2003 г. на территории парка «Салгирка» произрастало 19 видов голосеменных растений, относящихся к 11 родам из 5 семейств и двух классов: Ginkgoopsida и Pinopsida (табл. 1).

За время существования Ботанического сада коллекция была пополнена, главным образом, за счет представителей семейства Cupressaceae. По итогам инвентаризации, проведенной в начале 2010 г., голосеменные Ботанического сада ТНУ относятся к 25 видам, 28 сортам и одной форме из 17 родов, 6 семейств и трех классов: Pinopsida, Ginkgopsida и Gnetopsida [5]. Класс Ginkgopsida представлен семейством Ginkgoaceae Engl. с единственным видом *Ginkgo biloba* L., а класс Gnetopsida – семейством Ephedraceae Dumort. Из класса Pinopsida в коллекции имеются 4 семейства: Cupressaceae F.W.Neger, Pinaceae Lindl., Taxaceae Lindl., Taxodiaceae F.W.Neger. Из них наиболее многочисленными являются семейства Cupressaceae (11 видов, 24 сорта и одна форма из 8 родов) и Pinaceae (10 видов и один сорт из 5 родов) (табл. 1). В целом, голосеменные составляют 14,3% общего числа таксонов древесно-кустарниковой растительности сада.

Большинство интродуцированных голосеменных растений коллекции Ботанического сада ТНУ являются представителями азиатской флоры (7 видов – 29%), на втором месте располагается группа видов, связанных своим происхождением со Средиземноморьем (6 видов – 25%) и Северной Америкой (7 видов – 28%), европейский географический элемент представлен 3 видами (12,5%), а евроазиатский – двумя (8,3 %). В климатических условиях Предгорного Крыма часть средиземноморских видов подмерзают (*Cupressus sempervirens* L.) или страдают от сухости воздуха в летний период (*Pinus pityusa* Stev.).

Таблица 1
Голосеменные в дендрологической коллекции Ботанического сада ТНУ

Род	2003 год		20010 год	
	виды	виды	виды	сорта и формы
1	2	3	4	
Ginkgoaceae Engl.				
Ginkgo L.	G. biloba L.	G. biloba L.		
Ephedraceae Dumort				
Ephedra L.		Ephedra sp.		
Taxodiaceae F.W.Neger				
Metasequoia Hu et Cheng		M. glyptostroboides Hu et Cheng		
Taxaceae Lindl.				
Taxus L.	T. baccata L.	Taxus baccata L.	T. baccata 'Aurea' T. baccata 'Columna' T. baccata 'Dovastona'	
Cupressaceae F.W.Neger				
Libocedrus Endl.	L. decurrens (Torr.) Florin.	L. decurrens (Torr.) Florin.		
Chamaecyparis Spach	Ch. lawsoniana Parl.	Ch. lawsoniana Parl.	Ch. pisifera Sieb. Et. Zucc. 'Filifera Aureovariegata' Ch. pisifera 'Squarrosa Dumosa'	
Cupressus L.	C. sempervirens L. C. arizonika Greene	C. sempervirens L. C. arizonika Greene		
Juniperus L.	J. sabina L. J. virginiana L.	J. horisontalis Moench. J. oxycedrus L. J. sabina L. J. scopulorum Sarg. J. virginiana L.	J. communis L. f. hibernica J. horisontalis 'Blue Chip' J. horisontalis 'Blue Moon' J. horisontalis 'Glauca' J. sabina 'Arcadia' J. sabina 'Cupressifolia' J. sabina 'Old Gold' J. sabina 'Rockery Gem' J. sabina 'Tamariscifolia' J. sabina 'Blue Danube' J. squamata Lamb. 'Blue Carpet'	

Продолжение Таблицы 1

1	2	3	4
Microbiota Kom.		M. decussata Kom.	
Platycladus Spach	Pl. orientalis (L.) Franco	Pl. orientalis (L.) Franco	Pl. orientalis 'Elegans' Pl. orientalis 'Pervistok'
Thuja L.			Th. occidentalis L. 'Aureospicata' Th. occidentalis 'Compacta' Th. occidentalis 'Dumosa' Th. occidentalis 'Ellwangeriana Aurea' Th. occidentalis 'Ericoides' Th. occidentalis 'Ericoides Aurea' Th. occidentalis 'Lutea' Th. occidentalis 'Woodrardii' Th. plicata 'Zebrina'
Thujopsis Sieb. et Zucc.			Th. dalobrata Sieb. Et. Zucc. 'Variegata'
Pinaceae Lindl.			
Abies Mill.	A. alba Mill. A. pinsapo Boiss.	A. alba Mill. A. pinsapo Boiss.	
Tsuga Carr.			T. canadensis Carr. 'Jeddeloh'
Cedrus Trew	C. atlantica Manetti. C. libani A. Rich	C. atlantica Manetti. C. libani A. Rich	
Picea Dietr.	P. abies (L.) Karst. P. pungens Engelm.	P. abies (L.) Karst. P. pungens Engelm.	
Pinus L.	P. mugo Turra P. pallasiana D. Don P. pityusa Stev. P. sylvestris L.	P. mugo Turra P. pallasiana D. Don P. pityusa Stev. P. sylvestris L.	

Для наилучшей демонстрации видового и формового разнообразия голосеменные размещены в виде групп, аллей или солитерно. Размеры групп и их очертания различны. В центральной части сада имеется массив из более, чем 1200 деревьев сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don). В солитерной посадке представлены *Cupressus arizonika* Greene, *Taxus baccata* L., *Cedrus libani* A. Rich., *Picea pungens* Engelm., *Picea abies* (L.) Karst. Аллеи создают *Platycladus orientalis* (L.) Franco и *Cedrus libani* A. Rich.

При создании розария были использованы разнообразные виды и сорта хвойных. Для живой изгороди применили *Platycladus orientalis* (L.) Franco и

Juniperus oxycedrus L. В качестве групповых и солитерно растущих вечнозеленых растений – *Juniperus virginiana* L., *J. sabina* L., *J. horisontalis* Moench., садовые формы *Thuja occidentalis* L. Хвойные служат фоном для цветущих роз летом и придают декоративность участку в зимний период.

Среди деревьев-патриархов ботанического сада наиболее старыми (более 200 лет) являются два экземпляра *Picea abies* (L.) Karst., высотой 35 м и диаметром стволов 82,5 и 72 см, и имеющий форму куста *Taxus baccata* L. высотой 8 м. В 20–30-х годах XIX в. была заложена аллея из *Platycladus orientalis* (L.) Franco. Все эти растения расположены в центральной части сада. Намного моложе насаждения *Pinus pallasiana* D. Don, *Picea pungens* Engelm., *Libocedrus decurrens* (Torr.) Florin., *Cupressus sempervirens* L., *Cupressus arizonika* Greene. Они были высажены в 70-х годах прошлого века при создании парка «Салгирка», который входил в число 9 образцово-показательных парков Украины [6, 7].

На территории сада имеется 7 экземпляров *Pinus pityusa* Stev., возраст которых составляет более 50-ти лет, высотой 12 м и диаметром ствола 25 см. К сожалению, все экземпляры этого вида находятся в неудовлетворительном состоянии, усыхают и сильно повреждены древоточцами. С одной стороны, возраст в 40-50 лет является критическим для сосны в культурных насаждениях, с другой, негативное влияние на состояние данного приморского вида может оказывать сухость воздуха в условиях Симферополя.

В эти же годы из кедра ливанского (*Cedrus libani* A. Rich) и сакуры (*Cerasus serrulata* L.) была высажена центральная аллея, длина которой составляет 442 м [6]. Кедры находятся в хорошем состоянии, высота их порядка 20 м, а средний диаметр стволов около 50 см.

Образование мужских стробилов и пыление наблюдается у представителей 33 таксонов, регулярно образующих семена. Самосев отмечен у *Cedrus libani* A. Rich, *Platycladus orientalis* (L.) Franco. Экземпляры *Ginkgo biloba* L., достигнув репродуктивного возраста, плодоносят с интервалом в 2-3 года. Получение всходов этого растения оказалось возможным лишь в условиях теплицы. Это связано с тем, что семена имеют короткий период покоя и требуют осеннего посева, но в то же время отрицательные температуры приводят к гибели проростков. Не вступили в генеративную фазу развития экземпляры хвойных, которые являются приобретениями последних лет.

Для размножения наиболее перспективных форм и сортов, у которых декоративные качества не сохраняются при размножении семенами, используется вегетативный способ. Установлено, что оптимальными сроками для черенкования хвойных растений в условиях Предгорного Крыма является конец апреля-май, что соответствует периоду набухания почек и активной камбиальной деятельности. Укореняемость черенков составляет для различных сортов и форм от 14 до 100%. Высокие показатели отмечены у *Thuja plicata* 'Zebrina' (100%), *Th. occidentalis* 'Ericoides' – 100%, *Th. occidentalis* 'Ericoides Aurea' – 100%, *J. sabina* L. – 65-100%.

Ежегодно дендрарий пополняется новыми видами растений, поступающими из различных источников. 40% современной коллекции голосеменных Ботанического сада ТНУ является наследием парка «Салгирка», остальная часть – результат

интродукционной работы за 6 лет существования сада. 32% таксонов были получены из дендропарка «Софиевка», 9% – из Криворожского ботанического сада. Остальная часть хвойных растений поступила из ботанических садов Запорожья, Донецка, Черновцов, лесхоза г. Бахчисарай, питомника «Приморское» Никитского ботанического сада, биосферного заповедника «Аскания-Нова».

В перспективе планируется высадка 88 таксонов голосеменных, которые в настоящее время проходят акклиматизацию в питомнике, из них 71 – будет новым для коллекции Ботанического сада ТНУ. Впервые появятся рода *Larix* Mill., *Sequoiadendron* Buchholz, *Cryptomeria* Don, *Cephalotaxus* Sieb. et Zucc. ex. Endl., *Cunninghamia* R.Br.ex Rich, *Torreya* Arn.

С 2008 года ведется разработка и расширение экспозиции хвойных растений «Кониферетум». В основу расположения кустарниковых и древесных пород на коллекционном участке положен систематический принцип в сочетании с ландшафтно-пейзажным планированием. При размещении таксонов одного рода учитывается окраска хвои, форма кроны, высота растений в перспективе, и др. Стланиковые и карликовые формы располагаются на переднем плане и вдоль дорожек. В колористическом аспекте чередуются сизые и зеленные формы с пестрохвойными и желтыми.

«Кониферетум» будет выступать в качестве самостоятельного садово-паркового объекта, маточника для сбора семян, заготовки черенков, базы для проведения исследований по биологии и экологии хвойных интродуцентов, занятий студентов и специалистов зеленого строительства, просветительской деятельности и популяризации биологических знаний.

ВЫВОДЫ

1. Коллекция голосеменных растений Ботанического сада ТНУ с 2003 г. увеличилась более чем в 2,5 раза и представлена 25 видами, 28 сортами и одной формой, относящимися к 17 родам и шести семействам.
2. С ботанико-географической точки зрения коллекция включает виды пяти географических элементов флоры, из которых наиболее обширен азиатский.
3. В пределах территории ботанического сада голосеменные произрастают в составе дендрария и новых коллекционных экспозиций.
4. Перспективными для расширения коллекции являются виды восточноазиатской и северо-американской флоры, а также современные сорта и формы

Список литературы

1. Глухов А.З. Ускоренное размножение хвойных в условиях юго-востока Украины. / А.З. Глухов, О.Г. Шпакова– Донецк: Норд-Пресс, 2006. – 136 с.
2. Парк Салгирка: предварительный анализ дендрофлоры / Д.В. Епихин, С.Ф. Котов, Л.П. Вахрушева [и др.] // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: Тематический сборник научных трудов. – Симферополь: Таврия, 2003. – Вып.13. – С. 113–123.
3. Методические рекомендации по оценке состояния зелёных насаждений в городах и других населённых пунктах Крыма / [Исикова В.П., Корниловой Н.В., Эйдельберга М.М., Расина Ю.Г.] – Ялта: ГНБС, 1997. – 47 с.

4. Анненкова А.А. Методические указания по геоботаническому изучению парковых сообществ / А.А. Анненкова, Т.Г. Лариной – Ялта: ГНБС, 1980. – 27 с.
5. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева та кущі. Голонасінні: Довідник / М.А. Кохно, В.І. Гордієнко, Г.С. Захаренко [та ін.] – К.: Вища шк., 2001. – 207 с.: іл.
6. Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского / А.И. Репецкая, И.Г. Савушкина, В.В. Леонов [и др.] – К.: Лыбидь, 2008. – 232 с.
7. Ландшафтная реконструкция городских садов и парков / [Бондар Ю.А., Абесинова Н.П., Микитина Е.Н., Сахаров А.Ф.] – К.: Будівельник, 1982. – 60 с.

Репецька Г.І. Голонасінні рослини в колекції Ботанічного саду Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського / Г.І. Репецька, І.Г. Савушкіна, В.В. Леонов, С.С. Сейт-Аблаєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 174-180.

У статті наводяться дані про види і сорти голонасінних рослин, які культивуються в Ботанічному саду Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського.

Ключові слова: голонасінні, таксон, коніферетум.

Repetskaya A.I. Gymnosperm plants in Botanic Garden of the Taurida National V.I. Vernadsky University / A.I. Repetskaya, I.G. Savushkina, V.V. Leonov, S.S. Seit-Ablaeva // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 174-180.

The article presents data on the species and varieties of gymnosperms, which are cultivated in the Botanic Garden of the Taurida National V.I. Vernadsky University.

Keywords: gymnosperms, tucson, koniferetum.

Поступила в редакцію 14.12.2010 з.

УДК 581.524.13:581.526.52

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Симагина Н.О.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nsimagina@list.ru*

Полученные результаты свидетельствуют о наличии плотно зависящего фитотоксического эффекта в исследуемых галофитных сообществах. Установлено, что с увеличением концентрации аллелопатически активных веществ в среде возрастает зависимость показателей массы проростков от их плотности.

Ключевые слова: галофитные сообщества, плотно-зависимый фитотоксический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение роли аллелопатии в комплексе биотических факторов, действующих в галофитных сообществах, имеет важное практическое значение, поскольку позволяет раскрыть некоторые механизмы межвидовых и внутривидовых взаимодействий галофитов, а также способствует развитию концепции аллелопатии в экстремальных условиях существования растений.

В исследуемых галофитных сообществах *Artemisia santonica* L. встречается в виде резко обособленных синузий, занимающих до 75% площади данных сообществ, её проективное покрытие в синузиях составляет 65-80%. *Artemisia santonica* L., являясь эуксерофитом, проявляет высокую устойчивость и высокую конкурентную способность на сухих, засоленных местообитаниях. В определенных условиях среды *Artemisia santonica* L. вначале примешивается к основным компонентам фитоценоза, затем постепенно вытесняет доминирующие виды, становится содоминантом, доминантом и, наконец, эдификатором. Синузии, образованные в сообществах ассоциаций *Artemisietum (santonicae) salicorniosum (europaea)*, *Artemisietum (santonicae) suaedosum (prostratae)*, *Artemisietum (santonicae) petrosimiosum (oppositifoliae)*, представляют биохимическое поле, образованное в результате выделений внешних метаболитов. В каждой его точке потенциальное отношение между организмами детерминировано концентрацией выделений в среде. В одновидовых и смешанных сообществах однолетних суккулентных галофитов проявляется как размерно-симметричная конкуренция за элементы почвенного питания, так и аллелопатические взаимодействия [1, 2]. Одной из важных задач аллелопатических исследований является максимальное приближение контролируемых условий лабораторных экспериментов к характерным для естественных мест произрастания видов [3]. Целесообразным, был

учет указанной особенности рассматриваемых сообществ. Для этого необходимо проведение модельных экспериментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модельные эксперименты проводили в лабораторных условиях. В качестве действующего вида– донора аллелопатических веществ использовали *Artemisia santonica* L. Выбор объекта обусловлен высокой аллелопатической активностью этого вида, установленной в наших исследованиях [4]. *Salicornia europaea* L. и *Suaeda prostrata* Pall. рассматривались как подчиненные виды, акцепторы аллелопатических веществ (доминант-акцептор и содоминант-акцептор).

В латентный период онтогенеза чувствительность тест-объектов к действию экзогенных органических веществ наивысшая [5-7]. Поэтому в эксперименте мы исследовали действие водных экстрактов из листьев *Artemisia santonica* L. (концентрация 1:10, 1:50, 1:100) на прорастание семян и развитие проростков *Salicornia europaea* L. и *Suaeda prostrata* Pall. при различных вариантах плотности посадки.

Семена доминанта-акцептора проращивали в чашках Петри при температуре 23°C при различной плотности содоминанта-акцептора согласно представленной схеме (рис. 1) [8]. Для увлажнения использовали водные экстракты из *Artemisia santonica* L., приготовленные по методике А.М. Гродзинского [9].

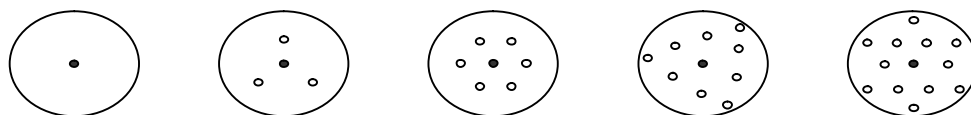


Рис. 1. Схематическое расположение доминанта-акцептора (•) и содоминанта акцептора (°) при различной плотности в модельном эксперименте.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первой серии биотестов рассматривали *Salicornia europaea* L. как доминант-акцептор, а *Suaeda prostrata* Pall. как содоминант-акцептор. При увеличении плотности особей сопутствующего вида, зависимость показателей абсолютно сухой массы *Salicornia europaea* L. от концентрации экстрактов из листьев *Artemisia santonica* L. снижается (рис. 2). При увлажнении экстрактом концентрации 1:10, показатели массы проростков доминанта-акцептора *Salicornia europaea* L. составили 0,035 г; 0,049 г; 0,051 г; 0,064 г при плотности содоминанта-акцептора *Suaeda prostrata* Pall. 3, 6, 9, 12 семян на чашку Петри соответственно.

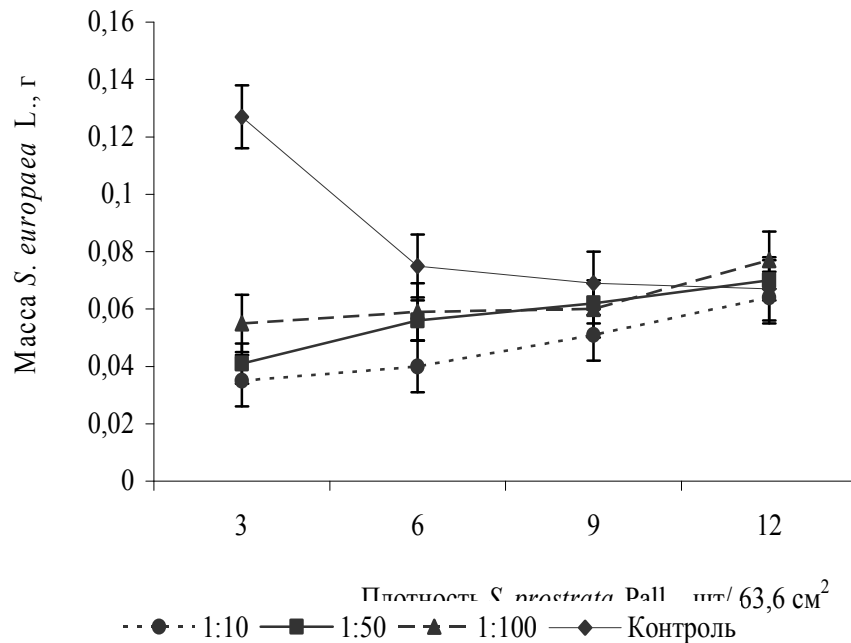


Рис. 2. Зависимость массы *Salicornia europaea* L. (доминант-акцептор) от плотности *Suaeda prostrata* Pall. (содоминант-акцептор) при действии водными экстрактами *Artemisia santonica* L.

Установлена статистически достоверная разница между средними показателями массы проростков *Salicornia europaea* L. в опыте и контроле ($P < 0,05$). Коэффициент корреляции массы *Salicornia europaea* L. и *Suaeda prostrata* Pall. при различной плотности, при действии экстракта *Artemisia santonica* L. 1:10 составил $r = 0,69 \pm 0,14$, а при увлажнении экстрактом концентрацией 1:100 $r = 0,45 \pm 0,09$. Таким образом, с увеличением концентрации аллелопатически активных веществ в среде возрастает зависимость показателей массы проростков от их плотности.

Длина проростков содоминанта-акцептора *Suaeda prostrata* Pall. при действии экстрактом *Artemisia santonica* L. концентрацией 1:10 возрастала с увеличением их плотности (рис. 3). Так при плотности посадки семян содоминанта-акцептора 3, 6, 9, 12 штук длина проростков *Suaeda prostrata* Pall. составляла соответственно 2,0; 3,2; 4,4; 5,0 см. В контрольных условиях этот показатель составил 6,0 см при плотности 12 штук/63 см².

Наблюдаемое увеличение морфометрических параметров проростков доминанта-акцептора *Salicornia europaea* L. с увеличением плотности содоминанта-акцептора *Suaeda prostrata* Pall. не согласуется с возможными эффектами конкуренции за ресурсы. В работах некоторых исследователей было показано, что

не зависимо от возрастного состояния увеличение показателей роста с увеличением плотности конкурирующих особей происходит при аллелопатических взаимодействиях [8, 10, 11]. Поскольку при увеличении количества особей сопутствующего вида *Suaeda prostrata* Pall., поглощающих экзогенное органическое соединение из листьев *Artemisia santonica* L., уменьшается его концентрация и объем, доступный для доминанта-акцептора *Salicornia europaea* L., то, следовательно, уменьшается фитотоксический эффект.

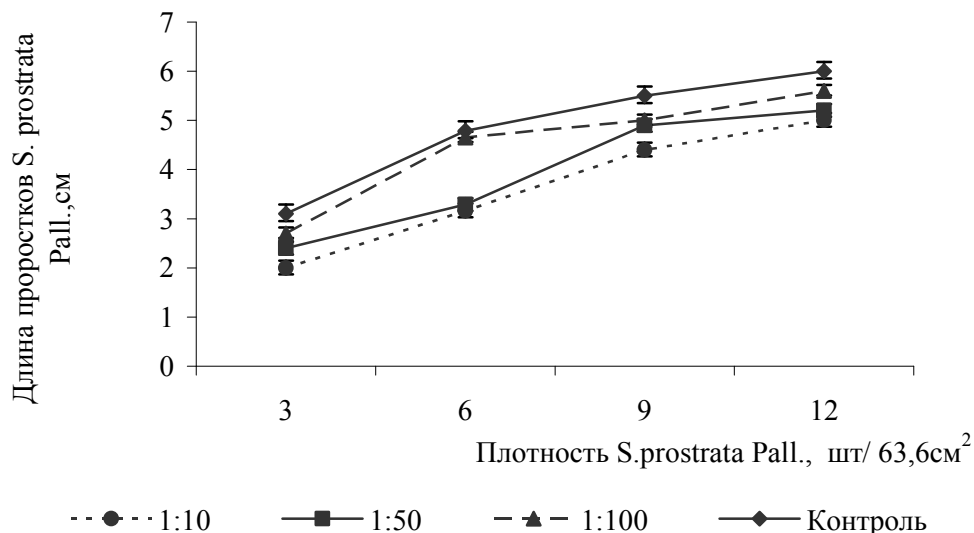


Рис.3. Зависимость ростовых процессов проростков *Suaeda prostrata* Pall. от плотности произрастания при действии водными экстрактами *Artemisia santonica* L.

Таким образом, несмотря на проявление конкуренции за ресурсы среды в естественных местах обитания между однолетними эугалофитами, при совместном произрастании с аллелопатически активным видом гликогалофитом *Artemisia santonica* L. наиболее выгодные условия произрастания для *Salicornia europaea* L. и *Suaeda prostrata* Pall. складываются при возрастании их численности.

Во второй серии биотестов рассматривали *Suaeda prostrata* Pall. как доминант-акцептор, а *Salicornia europaea* L. как сопутствующий содоминант-акцептор. Установлена статистически достоверная разница средних показателей роста проростков *Suaeda prostrata* Pall. при увлажнении водными экстрактами из листьев *Artemisia santonica* L. (концентрация 1:10, 1:50, 1:100) и в контроле ($P < 0,05$). При увеличении плотности сопутствующего вида *Salicornia europaea* L. показатели абсолютно сухой массы доминанта-акцептора *Suaeda prostrata* Pall. снижались (рис. 4). Было отмечено, что уменьшение массы было эквивалентно для всех концентраций при определенной плотности содоминанта-акцептора. Отмеченная реакция *Suaeda prostrata* Pall. возможно обусловлена двумя факторами. С одной стороны, низкая аллелопатическая толерантность *Salicornia europaea* L. к действию

экстрактов из *Artemisia santonica* L. не способна обеспечить снижение фитотоксического эффекта даже при увеличении плотности акцепторов. С другой стороны, на *Suaeda prostrata* Pall. взаимно накладывается аллелопатическое воздействие как *Artemisia santonica* L., так и *Salicornia europaea* L.

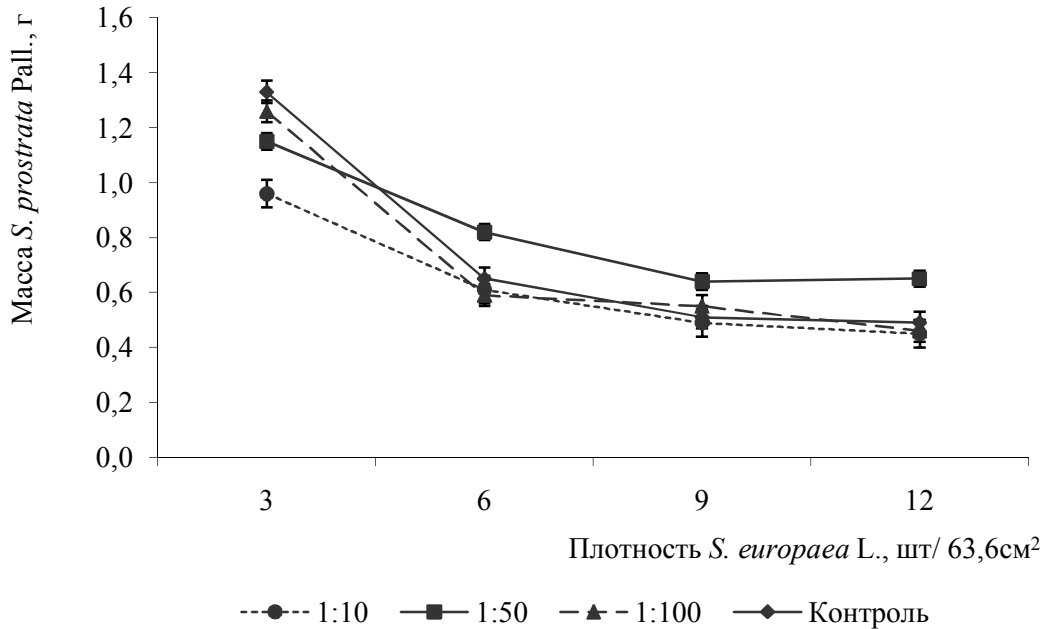


Рис. 4. Зависимость массы *Suaeda prostrata* Pall. (доминант-акцептор) от плотности *Salicornia europaea* L. (содоминант-акцептор) при увлажнении водными экстрактами *Artemisia santonica* L.

Развитие проростков содоминанта-акцептора *Salicornia europaea* L. зависело как от плотности посадки данного вида, так и от концентрации экстракта из листьев *Artemisia santonica* L. (рис. 5). Как и в первой серии биотестов, где *Salicornia europaea* L. выступал в качестве доминанта-акцептора, ингибирующий эффект водных экстрактов *Artemisia santonica* L., уменьшался при увеличении плотности сопутствующего вида. При плотности *Salicornia europaea* L. 3 шт./63см², масса проростков составила 37% и 21% относительно контроля, соответствуя концентрации экстрактов из *Artemisia santonica* L. 1:50 и 1:10. При плотности проростков *Salicornia europaea* L. 12 шт./63см², их масса составила 71% и 65% относительно контроля.

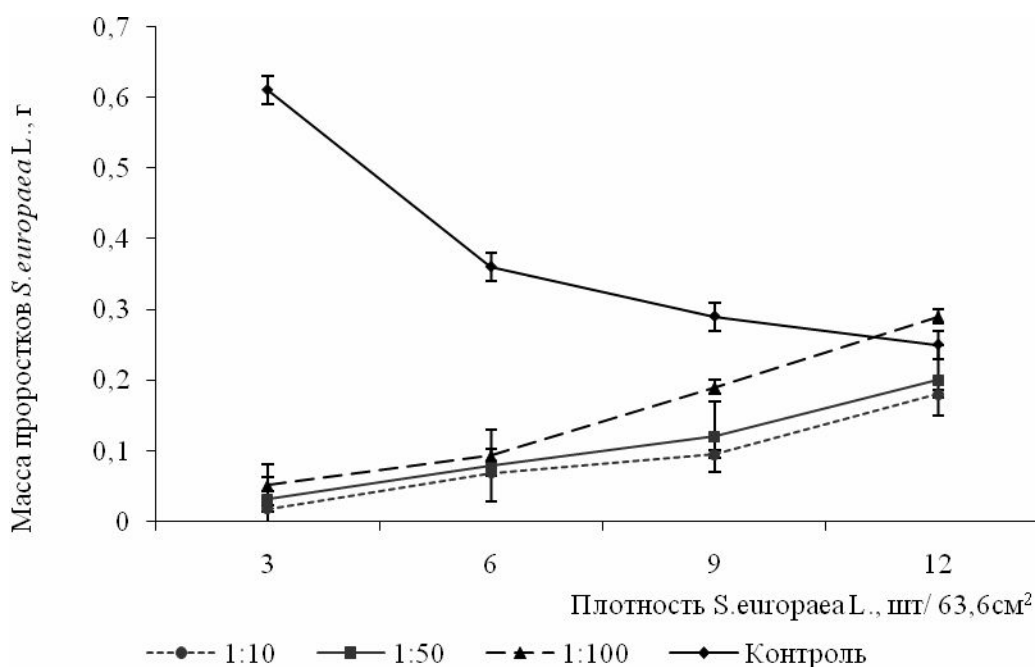


Рис.5 Зависимость массы *Salicornia europaea* L. (содоминант-акцептор) от плотности при воздействии водными экстрактами *Artemisia santonica* L.

Полученные результаты позволяют нам утверждать о наличии плотностно зависимого фитотоксического эффекта в исследуемых галофитных сообществах. Наблюдаемые тенденции взаимодействия однолетних суккулентных галофитов при воздействии *Artemisia santonica* L. не свидетельствуют о полном отсутствии конкуренции за ресурсы среды, а лишь выделяют аллелопатию как важный биотический фактор в данном конкретном сообществе.

ВЫВОДЫ

1. С увеличением концентрации аллелопатически активных веществ в среде возрастает зависимость показателей массы проростков от их плотности.
2. Длина проростков содоминанта-акцептора при действии экстрактом *Artemisia santonica* L. концентрацией 1:10 возросла с увеличением их плотности.
3. При увеличении плотности сопутствующего вида *Salicornia europaea* L. показатели абсолютно сухой массы доминанта-акцептора *Suaeda prostrata* Pall. снижаются.

Список литературы

1. Котов С.Ф. Механизмы конкуренции в сообществах однолетних суккулентных галофитов / С.Ф. Котов // Укр. ботан. журн. – 2001. – Т. 58, № 4. – С. 465–469.
2. Симагина Н.О. Взаимодействия между растениями в сообществах галофитной растительности Крыма: аллелопатический аспект: автореферат дис. на соискание канд. биол. наук/ Н.О. Симагина; Никитский ботанический сад – национальный научный центр УААН. – Ялта., 2006. – 20 с.
3. Inderjit J. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field responses / J. Inderjit // Journal of Chem. Ecology – 2000. – Vol. 29, № 9. – P. 2111–2118
4. Симагина Н.О. Аллелопатические свойства гликогалофита *Artemisia santonica* L. / Н.О. Симагина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия биология, химия. – 2006. – Т. 19 (58), №4. – С. 177–185
5. Кавеленова Л.М. К анализу влияния аллелопатического фактора на показатели роста растений / Л.М. Кавеленова // Кружоворот аллелопатически активных веществ в биогеоценозах: Сборник научных трудов. – К.: Наукова думка, 1992. – С. 46–51.
6. Наумов Г.Ф. Аллелопатические свойства выделенных прорастающих семян полевых культур и их сельскохозяйственное значение / Г.Ф. Наумов // Аллелопатия и продуктивность растений: Сборник научных трудов. – К.: Наукова думка, 1990. – С. 5–12.
7. Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян / Овчаров К.Е. – К.: Колос, 1976. – 139 с.
8. Thijs H. The effect of phytotoxins on competitive outcome in a model system / H. Thijs, J.R. Shann., J.D. Weidenhamer // Ecology. – 1994. – № 75. – P. 1959–1964.
9. Гродзинский А.М. Экспериментальная аллелопатия / Гродзинский А.М., Головкин Э.А., Горобец С.А. – К.: Наукова думка, 1987. – 233 с.
10. Weidenhamer J.D. Distinguishing resource competition and chemical interference overcoming the methodological impasse / J.D. Weidenhamer // Agronomy Journal. – 1996. – Vol. 88, № 6. – P. 866–875.
11. Weidenhamer J. Density – dependent phytotoxicity: distinguishing resource competition and allelopathic interference in plants / J. Weidenhamer, D. Hartnett, J. Romeo // Journal of Applied Ecology. – 1989. – Vol. 26, № 2. – P. 613–624.

Симагина Н.О. Особливості прояву фітотоксичного ефекту в модельних системах / Н.О. Симагина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 181–187.

Отримані результати свідчать про наявність щільнісно залежного фітотоксичного ефекту в досліджуваних галофітних угрупованнях. Встановлено, що із збільшенням концентрації аллелопатически активних речовин в середовищі зростає залежність показників маси проростків від їх щільності.

Ключові слова: галофітні угруповання, щільнісно залежний фітотоксичний ефект.

Simagina N.O. Features of display of phytotoxic effect in the model systems / N.O. Simagina // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 181–187.

The got results testify to the presence density dependent phytotoxic effect in the investigated halophyt's communities. It was determined that with the increase of concentration of allelopathic active substances in an environment dependence of indexes of mass of seedlings increases on their closeness.

Keywords: halophyt's communities, density dependent phytotoxic effect.

Поступила в редакцію 10.12.2010 г.

УДК 594.124:591/134 262/(5)

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПЛОДОВИТОСТЬ И СКОРОСТЬ ГЕНЕРАТИВНОГО РОСТА УСТРИЦЫ (*OSTREA EDULIS L.*)

Сытник Н.А.¹, Орленко А.Н.², Золотницкий А.П.¹

¹Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета, Керчь, Украина

²Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

E-mail: kegi_tnu@kerch.crimea.com

Исследована индивидуальная плодовитость и скорость генеративного роста плоской устрицы. Обнаружено, что плодовитость устриц зависит от массы тела и варьирует в пределах 0,13-2,39 млн. личинок-особь¹. Дана количественная характеристика удельной генеративной продукции устрицы, величина которой близка 17 %. Показано, что с возрастом и увеличением массы тела скорость генеративного роста опережает прирост соматической ткани моллюска.

Ключевые слова: устрица, личинки, плодовитость, масса, генеративный рост.

ВВЕДЕНИЕ

Плоская (грядовая или европейская) устрица (*Ostrea edulis L.*) является одним из наиболее ценных представителей малакофауны Черного моря. В начале XX века этот вид был широко распространен в прибрежной зоне моря, но затем запасы устриц резко сократились [1-4], что обусловило необходимость разработки биотехнологий их искусственного воспроизводства [3-7].

Основные черты биологии черноморской устрицы довольно хорошо изучены [1, 2, 5-7], однако ряд эколого-физиологических параметров, представляющих интерес при разработке методов культивирования этого вида, требуют более детальных исследований. Одним из таких малоисследованных вопросов является оценка величины индивидуальной плодовитости и скорости генеративного роста (продукции) устриц в онтогенезе.

В настоящее время существуют немногочисленные материалы по плодовитости устриц, полученные на популяциях моллюсков побережья Северного Кавказа [5, 8] и заливах северо-западной части Черного моря [2], тогда как данные по генеративному росту (продукции) этого вида отсутствуют.

Между тем изучение этого вопроса, наряду с практическим значением, связанным с оценкой величины суточных рационов в онтогенезе этого вида, представляют определенный теоретический интерес, в частности, при анализе репродуктивных стратегий двустворчатых моллюсков [10].

В задачу работы входило изучение индивидуальной плодовитости и оценка скорости генеративного роста устриц в лимане Донузлав (западное побережье Крыма), который в настоящее время является единственной акваторией, где сохранились

небольшие естественные популяции плоской устрицы, и рассматриваемый в качестве одного из основных районов для организации выращивания этого вида [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследований собирали в лимане Донузлав в 2000-2007 гг. в период, предшествующий естественному размножению. Использовали моллюсков, высотой 37-77 мм, массой 8,9-68,2 г, которых собирали с коллекторов и обрастаний камней и бетонных блоков в период естественного нереста.

Индукция созревания и нереста устриц проводили методом температурной стимуляции в комбинации с гормональным воздействием [9, 11]. Моллюски помещали в аквариум с регулируемой температурой воды, которая возрастала с 12-13°C до 21-22°C, в соответствии естественным ходом температуры в акватории. Затем ее резко повышали до 27-28°C после чего ее вновь снижали до 22-23°C. При таком режиме стимуляции моллюски начинали вымет половых клеток через 20-40 мин.

После того как у самок, подвергнутых температурной стимуляции, начинали появляться зрелые яйца, их пересаживали в отдельный сосуд объемом 10 л и выдерживали до полного выхода личинок на стадии велигера. Часть яиц, использовали для биохимического анализа. Полученных личинок концентрировали при помощи газ-сита 96 мкм и переносили вместе с водой в сосуды, для последующего подсчета плодовитости [5, 11]. Полноту нереста оценивали после вскрытия особей и просмотра остаточной гонады под микроскопом.

После завершения опыта устриц подвергали морфометрическому анализу: измеряли высоту, длину и толщину раковины, определяли массу целого моллюска, створок, мягких тканей. При расчете генеративной продукции были использованы материалы по калорийности сырого мяса устриц [12]. При оценке энергетического содержания органического вещества раковины и яиц использованы собственные данные, а также материалы Манна [13] и Родхауза [14]. При анализе скорости генеративного роста (индивидуальной генеративной продукции) использованы данные по росту этого вида в лимане Донузлав [15].

Статистическую обработку данных проводили с помощью статистических компьютерных пакетов «Statistica», «Microcal Origin 6.1» и электронных таблиц «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что с увеличением длины и массы тела индивидуальная плодовитость устриц возрастает. Минимальное значение численности личинок, равное 0,13 млн. зарегистрировано у устрицы высотой 37 мм и общей (живой) массой 8,8 г, максимальное число личинок – 2,39 млн. у моллюска, размером 68 мм и массой 60,2 г.

Среднее число личинок у особей высотой 37-40 мм составляло 0,35 млн., в группе 41-50 мм средняя плодовитость возросла до 0,68 млн. яиц, а у моллюсков длиной 51-60 и 61-70 мм она увеличивалась соответственно до 0,95 и 1,49 млн. личинок. У устриц, высотой 70-80 мм средняя плодовитость составляла 1,54 млн. личинок.

Следует отдельно отметить, что устрицы, высотой 37-38 мм также реагировали на стимулирующее действие температуры, поскольку в их мантийной полости личинки. Это косвенно подтверждает возможность размножения устриц в возрасте одного года. Анализ экспериментальных данных показал, что связь плодовитости с высотой моллюска удовлетворительно аппроксимируется степенной функцией вида:

$$E = a \cdot H^b,$$

где E – плодовитость (млн. личинок·особь⁻¹), H – высота раковины моллюска (мм), a и b – коэффициенты уравнения для данного размерного ряда. У исследованных устриц в размерном диапазоне 35-76 мм связь между плодовитостью и высотой раковины в численной форме выражается следующим уравнением:

$$E = 4,77 \cdot 10^{-5} \cdot H^{2,43 \pm 0,428}, \quad n = 18, r = 0,76 \quad (1)$$

где n – число особей, r – коэффициент корреляции.

Приведенное уравнение может быть использовано для ориентировочной оценки плодовитости разноразмерных особей. Однако как отмечает ряд авторов [16, 17], с биологической точки зрения численность продуцируемых половых клеток более целесообразно связывать не с размером, а массой особей. Параметры уравнения связи численности личинок с массой описывается аналогичным уравнением:

$$E = m \cdot W^k,$$

где W – масса тела (г), m и k – параметры уравнения.

Результаты статистической обработки показали, что зависимость плодовитости (E , млн. лич.·особь⁻¹) от сухой массой тела (W_c , г, без раковины) имела вид (рис. 1):

$$E = 1,67 \cdot W_c^{0,967 \pm 0,184}, \quad n = 18, r = 0,81 \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что плодовитость в определяющей степени зависит от массы тела, о чем свидетельствует величина коэффициента детерминации – r^2 , равная 0,65.

В то же время на 35% вариабельность плодовитости обусловлена другими факторами, из которых, по-видимому, наиболее важным является исходное гетерогенное исходное состояние ооцитов самок.

Для практических целей при оценке плодовитости устриц можно использовать более простое линейное уравнение, имеющее вид:

$$E = 1,57 \cdot W_c + 0,136, \quad n = 18, r = 0,70 \quad (3).$$

Для сопоставления наших данных с материалами, полученными на устрицах побережья Северного Кавказа [8, 9] было рассчитано уравнение связи плодовитости с массой целого (со створкой) моллюска (W), которое имело вид:

$$E = 0,038 \cdot W^{0,914 \pm 0,168}, \quad n = 18, r = 0,79 \quad (4).$$

Сравнительный анализ показал, что плодовитость устриц побережья Северного Кавказа были несколько выше – при близких значениях коэффициента регрессии

(0,945 и 0914), величина коэффициента пропорциональности в районе Северного Кавказа (0,514) было в 1,4 выше, чем в лимане Донузлав. В связи с этим величина плодовитости устриц, полученных этими авторами выше наших данных примерно на эту же величину.

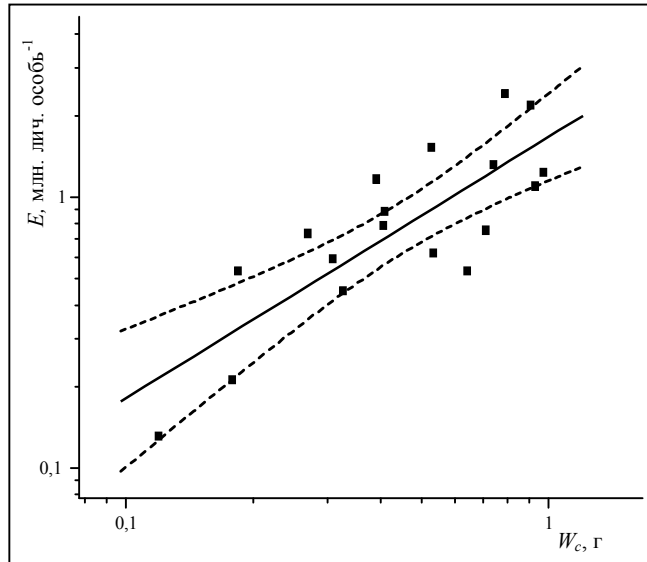


Рис. 1. Зависимость плодовитости (E) от сухой массы тела (W_c) устрицы (штриховые линии – 95% доверительный интервал).

Заметно более низкие значения плодовитости черноморской устрицы были получены Т.Ф. Кракатица [2]. Автором был использован прямой подсчет личинок в мантийной полости особей в ходе естественного нереста и обнаружено, что у устриц северо-западной части Черного моря, имеющих размер 40-70 мм, плодовитость варьировала в пределах 73,6-490,4 тыс. личинок на особь. Анализ полученной ею данных показал, что зависимость числа личинок от массы целого моллюска передается линейным уравнением:

$$E = 0,0114 \cdot W + 0,088 \quad (5)$$

Таким образом, по данным этого автора плодовитость устриц примерно в 2 раза ниже, чем в опытах по температурной стимуляции нереста.

В то же время максимальные значения плодовитости полученных нами (2,39 млн. личинок·особь⁻¹) и В.Л. Мониным (2,96 млн. особь личинок·особь⁻¹) [8, 9] были заметно выше полученных для данного вида в других географических зонах [10, 18, 20].

Так, Коул [18], в результате своих обширных исследованиях плодовитости разных размерных групп европейской устрицы, полученных в процессе естественного нереста в Чезакпикском заливе (штат Мэриленд, США), приводит минимальные и максимальные значения для этого вида соответственно равные 0,091 (у особей размером 38 мм) до 1,73 млн. личинок (у моллюсков высотой 68-75

мм). Этот автор, ссылаясь на работу Эйтона [Eyton, 1858, цит. по [18]] приводит его данные по плодовитости – 1,8 млн. личинок·особь⁻¹. Практически такие же материалы приводят в своей работе Лукас с соавт. [19] – 1,79 млн. особь·особь⁻¹.

Сходные данные приводятся в работе Уолна [20] – по его данным у устриц, размером 40-90 мм, число личинок изменяется соответственно от 0,1 до 1,5 млн. особь на особь.

По-видимому, более высокие значения плодовитости устриц в наших исследованиях и работах В.Л. Моница [8, 9], обусловлены стимулирующим воздействием температуры на процессы овуляции самок.

В целом, полученные нами данные по индивидуальной плодовитости плоской устрицы Черного моря сопоставимы с таковой других географических рас этого вида, у которых она варьирует от 65 тыс. до 2 млн. личинок [18, 20]. Характерно, что полученные нами данные согласуются с результатами исследований В.Б. Цейтлина [17], который обобщив имеющиеся материалы выявил линейную зависимость плодовитости от массы тела у животных разных таксономических групп.

При исследовании репродуктивных стратегий морских двусторчатых моллюсков большое значение имеет оценка энергетических затрат, идущих на размножение того или иного вида [18, 20]. Для их характеристики используют величину репродуктивного усилия (*reproductive effort*) [19], т.е. долю энергетического бюджета, идущего на размножение. Этот показатель часто определяется значением гамето-соматического индекса (ГСИ) – отношением энергии зрелых половых клетках продуцируемых особями к энергетическому эквиваленту мягких тканей или целого моллюска [18, 20].

На основе полученных материалов по плодовитости, средней сырой массе яйца ($0,63 \cdot 10^{-3}$ мг) и его энергетическом эквиваленте ($5,1$ дж мг⁻¹) была рассчитана зависимость между энергетическим содержанием яиц устриц и энергией заключенной в массе моллюска (W , дж особь⁻¹), которая выражалась уравнением:

$$W_g = 0,172 \cdot W^{0,967 \pm 0,158}, n = 18, r = 0,80 \quad (6).$$

Поскольку коэффициент регрессии в уравнении (6) близок к единице, указанное уравнение можно представить в виде:

$$\frac{W_g}{W} \approx 17\% \quad (7).$$

Полученное значение гамето-соматического индекса у черноморской устрицы заметно выше величин, приведенных в работах других авторов [18, 20] – 12,0 и 12,7 %, что, вероятно, обусловлено более высокой плодовитостью устриц, связанной с температурной индукцией созревания и нереста производителей.

Для характеристики скорости генеративной роста (продукции) (P_g , дж·сут.⁻¹) в разные периоды жизненного цикла устриц, наряду с данными по плодовитости, были использованы материалы по весовому росту этого вида [15].

Поскольку плодовитость и масса выметанных яиц связана с сухой массой тела степенной функцией, где коэффициент регрессии практически не отличается от единицы, было принято, что и энергия, идущая на формирование половых клеток в

процессе развития половых желез, прямо пропорциональна приросту массы тела. На основе этого допущения, а также материалов по весовому росту устрицы [15] были рассчитана скорость генеративного роста устриц в течение 1-го (P_{g1} , дж·сут.⁻¹) и 2-го (P_{g2} , дж·сут.⁻¹) цикла гаметогенеза (рис. 2).

В численном виде зависимость P_g от сухой массы тела выражались следующими уравнениями:

$$P_{g1} = 54,1 \cdot W_c - 4,0 \quad r = 0,96 \quad (8),$$

$$P_{g2} = 211,6 \cdot W_c - 80,7, \quad r = 0,94 \quad (9)$$

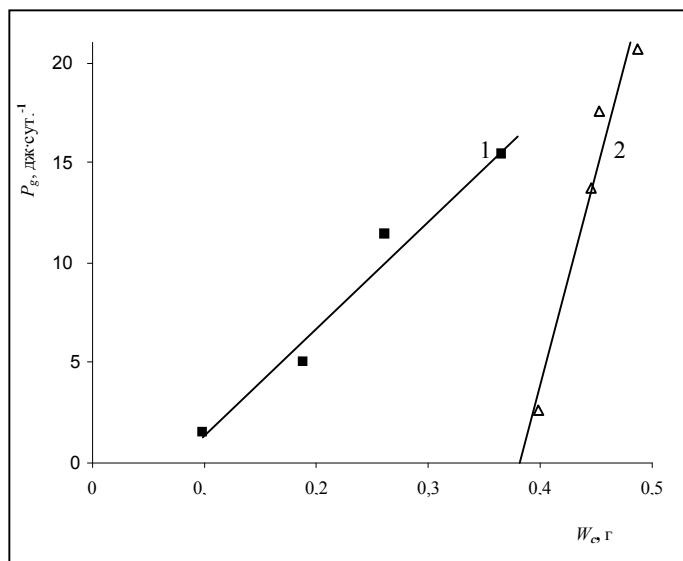


Рис. 2. Зависимость скорости генеративного роста ($P_{g,i}$, дж сут.⁻¹) от сухой массы тела (W_c) устрицы в 1-й (1) и 2-ой (2) годы жизни.

Из уравнений (8) и (9) и Рис. 2 видно, что на 2-м году жизни происходит более значительное возрастание скорости генеративного роста по сравнению с 1-м годом. Вероятно, это обусловлено разной скоростью роста соматической (P_s) и генеративной (P_g) ткани в указанные периоды онтогенеза. В частности, за интервал равный одному циклу гаметогенеза на 2-м году жизни в гонадах происходит полное формирование половых клеток пропорциональное массе тела, т.е. прирост осуществляется за счет своеобразного суммирования массы половых клеток, развивающихся в течение 1-го и 2-го годов жизни.

В то же время прирост соматической ткани (P_s) за этот же промежуток времени был значительно ниже - лишь от начала до конца 2-го года жизни ($W_2 - W_1$). Таким образом, интегральные значения индивидуальной генеративной продукции устрицы в конце 1-го и 2-го цикла гаметогенеза составляли соответственно 1011 и 1842 дж,

Анализ соотношений скоростей генеративного роста и соматического генеративного роста ($v = P_g/P_s$) показал, что, если значение v в течение 1-го цикла гаметогенеза варьировало от 14,1 до 17,2 %, в среднем составляя 15,1 %, то в течение 2-го цикла доля энергетических трат на генеративный обмен возросла до 32,2-39,6 % (среднее значение 37,1 %).

В общем виде изменение v в зависимость от сухой массы тела (W_c) можно описать обычным линейным уравнением:

$$v = 0,65 \cdot W_c + 0,04, r = 0,81 \quad (10)$$

Таким образом, изменение скорости генеративного роста в процессе индивидуального развития обусловлено опережающими энергетическими тратами на репродукцию по сравнению с тратами энергии на рост соматических тканей тела.

ВЫВОДЫ

1. Величина индивидуальной плодовитости плоской устрицы лимана Донузлав сопоставима с таковой устриц из других местообитаний и варьирует в пределах от 0,13 до 2,39 млн. личинок·особь⁻¹.
2. Плодовитость устриц связана с сухой массой тела и аппроксимируется степенной функцией, имеющей вид: $E = 1,67 \cdot W_c^{0,967}$.
3. Величина относительных энергетических трат на размножение (удельная генеративная продукция) черноморской устрицы близка к 17 %.
4. В онтогенезе с возрастанием индивидуальной массы скорость генеративного роста увеличивается, что обусловлено опережающим темпом роста массы гонад, по сравнению с приростом соматической ткани устриц.

Список литературы

1. Иванов А.И. Изучение роста устриц (*Ostrea taurica* Крын.) в Черном море / А.И. Иванов // Океанология. – 1966. – Т. 6, В. 5. – С. 869–876.
2. Кракатица Т.Ф. Биология черноморской устрицы в связи с вопросами ее воспроизводства / Т.Ф. Кракатица // Биологические основы морской аквакультуры, 1976. – В. 2 – 79 с.
3. Переладов М.В. Современное состояние популяции черноморской устрицы / М.В. Переладов // Прибрежные гидробиологические исследования. – М: ВНИРО. – 2005. – Т. 144. – С. 254–274.
4. К вопросу организации крупномасштабного культивирования устриц в озере Донузлав / А.П. Золотницкий, А.Н. Орленко, В.Г. Крючков [и др.] // Труды ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 48–54.
5. Монин В.Л. Биологические основы разведения черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. : автореф. дисс... канд. биол. наук: спец. 03.00.17 «Гидробиология» / В.Л. Монин – Севастополь, 1990. – 24 с.
6. Пиркова А.В. Воспроизводство черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. как исчезающего вида / А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И. Холодов // Рыбное хозяйство Украины. – 2002. – №. 3–4. – С. 8–12.
7. Супрунович А.В. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: мидии, устрицы, гребешки, раки, креветки / А.В. Супрунович, Ю.Н. Макаров // К: Наукова думка, 1990 – 263 с.
8. Монин В.Л. Половая структура и величина индивидуальной плодовитости черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) и устрицы (*Ostrea edulis* L.) / В.Л. Монин, А.П. Золотницкий // Тез. докл. IV Всес. конф. по пром. беспозвоночных. – Севастополь. – 1986. – С. 261–262.
9. Монин В.Л. О температурной стимуляции нереста черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. / В.Л. Монин // Эколого-физиологические основы аквакультуры на Черном море. – М.: ВНИРО. – 1981.– Т. 122. – С. 106–112.

10. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих / Касьянов В.Л. – Л: Наука, 1989. – 161 с.
11. Loosanoff V.L. Rearing of bivalve mollusks / V.L. Loosanoff, H.C. Davis // Adv. in Mar. Biol. Acad. Press. – Edit. F. S. Russel. – London, 1963. – N 1. – P. 1–136.
12. Горомосова С.А. Сезонные изменения химического состава черноморской устрицы / С.А. Горомосова // Гидробиол. журн. – 1968. – Т. 4, № 3. – С. 74–76.
13. Mann R. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Grassostrea gigas* and *Ostrea edulis* growth at sustained floater temperatures / R. Mann // J. Mar. Biol. Ass. U. K. – 1979. – Vol. 59. – P. 95–110.
14. Rodhouse P.G. Energy transformation by the oyster *Ostrea edulis* in a temperate estuary / P.G. Rodhouse // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1978. – Vol. 34. – P. 1–22.
15. Сытник Н.А. Особенности линейного и весового роста устрицы в озере Донузлав / Н.А. Сытник, С.В. Красноштан // Рыбн. хоз-во Украины. – 2008. – № 6. – С. 44–48.
16. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А.Ф. Алимов. – Л.: Наука, 1981. – 248 с.
17. Цейтлин В.Б. Генеративная продукция водных животных / В.Б. Цейтлин // Океанология. – 1988. – Т. 28, № 3. – С. 493–497.
18. Cole H.A. The fecundity of *Ostrea edulis* / H.A. Cole // J. Mar. Biol. Ass. U.K. – 1941. V. 25 – P. 243–260.
19. Lucas A. L'effort de reproduction dans la strategie demographique de six bivalves de l'atlantique / A. Lucas, J. Carvo, M. Trancart // Haliotis. – 1978. – Vol. 9, № 2. – P. 107–116.
20. Walne P.R. Culture of bivalve mollusks. 50 years experience at Conway, West Byfleet. / P.R. Walne // Fish. News (Books), 1974. – 173 p.

Сытник Н.О. Індивідуальна плодючість і швидкість генеративного росту устриці (*Ostrea edulis* L.) / Н.О. Сытник, А.М. Орленко, О.П. Золотницький // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 188-195.

Досліджена індивідуальна плодючість і швидкість генеративного росту плоскої устриці. Виявлено, що плодючість устриць залежить від маси тіла і варіює в межах 0,13-2,39 млн. личинок·екз⁻¹. Дана характеристика величини питомої генеративної продукції устриці, яка була близька до 17 %. Показано, що з віком і збільшенням маси тіла швидкість генеративного росту випереджає приріст соматичної тканини моллюска.

Ключові слова: устриця, личинки, плодючість, маса, генеративний ріст.

Sytnik N.A. Individual fecundity and generative growth speed of oysters (*Ostrea edulis* L.) / N.A. Sytnik, A.N. Orlenko, A.P. Zolotnitsky // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 188-195.

Individual fecundity and generation growth speed of flat oyster it is investigated. Depending on weight of a body fecundity of oysters varies from 0,13 to 2,39 million larvae-ind⁻¹. The characteristic of specific generative production value oyster was given which was close to 17 %. With the age and increase of body weight the generative growth speed advances of a somatic mollusk tissue.

Keywords: oyster, larvae, fecundity, mass, generative growth.

Поступила в редакцію 12.11.2010 г.

УДК 591.471.24:612.884:615.849.11

**ИЗМЕНЕНИЯ НОЦИЦЕПЦИИ У МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS*
ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД
ВЛИЯНИЕМ НАЛОКСОНА**

Темурьянц Н.А.¹, Чуян Е.Н.¹, Туманянц К.Н.¹, Костюк А.С.¹, Туманянц Е.Н.²

¹*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина*
²*Объединенная клиническая больница ст. Симферополь, Симферополь, Украина*
E-mail: timur@crimea.edu

Исследовано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности моллюсков *Helix albescens*. Показано, что в механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ важную роль имеет опиоидная система. Роль опиоидной системы изменяется неодинаково на разных этапах действия электромагнитного раздражителя и зависит от продолжительности воздействия фактора.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, ноцицептивная чувствительность, опиоидная система, моллюски.

ВВЕДЕНИЕ

Низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) в настоящее время широко применяется для лечения различных заболеваний. Это связано с его выраженным противовоспалительным, антистрессорным, иммуномодифицирующим, анальгетическим свойствами [1, 2]. Однако до сих пор плохо изученными остаются зависимость этих эффектов от параметров излучения, а также механизмы его действия.

Анальгетический эффект ЭМИ КВЧ отмечен практически во всех клинических наблюдениях [3-5]. В экспериментах на животных также была обнаружена способность ЭМИ КВЧ снижать острую, хроническую и нейропатическую и нейропатическую боль у мышей [6-8] после его однократного воздействия. Анальгетическое действие ЭМИ КВЧ при острой, тонической и висцеральной болях у крыс исследовано при его 10-кратном воздействии [9]. При более длительных воздействиях исследований не проводилось. Между тем выяснения зависимости выраженности анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ от продолжительности имеет важное значение для оптимизации его применения в клинике.

Этой же цели служат эксперименты, в которых изучаются механизмы действия этого фактора. В 1993 году А.Н. Frey [10] впервые высказал предположение о том, что в реакцию организма на действие электромагнитных факторов вовлечена опиоидная система. Роль этой системы в развитии анальгетического действия ЭМИ

КВЧ также исследована преимущественно при однократных [7] или курсовых воздействиях [9].

В связи с изложенным целью настоящего исследования явилось изучение роли опиоидной системы в механизмах действия ЭМИ КВЧ при его многократном воздействии.

Для решения столь сложных задач необходим выбор адекватного объекта исследования. Этот выбор зачастую затруднен, так как в Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (1986), сформулированы принципы использования животных в экспериментах, подчеркнута необходимость поощрять научные исследования с целью «разработки способов и методов, которые могут предоставить информацию, аналогичную той, которая может быть получена в результате процедур причиняющих боль, страдание» [11].

Одним из таких способов являются эксперименты на беспозвоночных животных, в частности, на моллюсках. Эти животные используются в многочисленных экспериментах, что позволяет изучить феноменологию, закономерности, механизмы действия различных факторов [12] и в известной степени распространить сделанные выводы на позвоночных и человека.

Опиоидная система относится к наиболее древней сигнальной системе. Опиоидные пептиды обнаружены у представителей практически всех таксономических групп беспозвоночных, а опиатные рецепторы найдены даже у одноклеточных организмов [13]. Сравнительные данные указывают на то, что наиболее консервативной и древней функцией опиоидов является контроль за адекватным уровнем защитных реакций. У моллюсков многие функции опиоидов, в том числе и способность вызывать аналгезию, сходны с таковыми у позвоночных и человека.

В экспериментах на моллюсках показано опиоидобусловленное аналгетическое действие ЭМП различных параметров [14-17].

В доступной литературе мы не нашли сведений об использовании моллюсков для изучения действия ЭМИ КВЧ. В связи с изложенным исследование роли опиоидной системы в механизмах продолжительного действия ЭМИ КВЧ проведены на моллюсках *Helix albescens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albescens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и применяемых в экспериментах для выявления биологической активности разнообразных экологических факторов. Сбор моллюсков производился в поле, вдали от предприятий, линий электропередач. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам.

В первой серии экспериментов, проводимых с целью изучения влияния ЭМИ КВЧ на ноцицепцию, экспериментальных животных делили на три равноценные группы по 20 особей в каждой. Моллюски первой (контрольной) группы (К) находились в стандартных лабораторных условиях при температуре воздуха $22\pm 2^\circ\text{C}$, высокой влажности и продолжительности фаз свет-темнота (L:D) 1:23 ч. Вторая группа

животных (КВЧ) ежедневно в течение 21 суток 30 минут подвергалась воздействию ЭМИ КВЧ. Моллюсков третьей группы подвергали «мнимому» воздействию ЭМИ КВЧ («плацебо») такой же продолжительности и в таких же условиях.

Во второй серии экспериментов изучалась роль опиоидной системы в механизмах действия ЭМИ КВЧ. В этой серии каждая из групп моллюсков была разделена на две подгруппы по 20 особей в каждой: одной подгруппе в переднюю долю нижней поверхности подошвы вводился блокатор опиоидных рецепторов – налоксон в дозе 5 мг/кг веса животного, второй – эквивалентный объем физиологического раствора (0,6% раствора NaCl). Налоксон и физиологический раствор вводились в одно и то же время за 15 минут до экспериментального воздействия.

Данный препарат является (-)-N-Аллил-14-оксинордигидроморфинон, или (-)-17-аллил-4,5-эпокси 3,14-дигидроксиморфинан-6-он гидрохлорида дигидратом, принадлежащим к группе неселективных блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, устраняет центральное и периферическое действие опиоидов, включая эндогенные эндорфины, проникает через гематоэнцефалический и плацентарный барьеры. После парентерального введения налоксон быстро распределяется по организму, период его полувыведения во взрослом организме составляет от 30 до 81 минуты (в среднем 64 ± 12 минуты) [18].

В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали генератор «Явь-1» (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 10 мВт/см²). Во время воздействия ЭМИ КВЧ моллюски находились в затемненных условиях в стеклянных аквариумах, к низу которых подводился рупор генератора, при этом животные находились в зоне рупора, то есть воздействие осуществлялось на всю подошву.

Все исследования были проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

О состоянии ноцицепции животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания (РИ) в тесте «горячая пластинка». Обычно используются металлические пластинки, обладающие высокой теплопроводностью и нагреваемые горячей водой до 40°C [19, 20]. Значительная тепловая инерция подобных элементов не позволяет измерять порог РИ, поэтому обычно измеряется только ЛП. Нами создана специальная установка [21], в которой нагреваемым элементом являлась стеклянная пластинка, на нижнюю поверхность которой с применением метода напыления в вакууме был нанесен проводящий слой из нитрида титана. Такая конструкция позволяет при пропускании тока через этот слой легко изменять температуру пластинки. В настоящих экспериментах применяли нагрев верхней поверхности пластинки, на которой находился моллюск со скоростью изменения температуры 0.667 °C/c.

Поведение моллюска регистрировалось с помощью видеокамеры. Одновременно на каждом кадре регистрировались значения температуры (измеряемой при помощи полупроводникового термометра, диапазон измеряемых им температур от -10°C до +85°C с точностью до $\pm 0,5^\circ\text{C}$) и времени, высвечиваемые на индикаторном табло, которое располагалось на одном из краев пластинки. Как проявление начала РИ рассматривался отрыв передней части ноги моллюска от поверхности пластинки.

Регистрацию показателей РИ проводили у каждого животного ежедневно после очередного воздействия электромагнитного фактора в интервале 11:00–13:00 ч в течение 21 дня.

Эффект воздействия ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности ($K_{Э_{КВЧ}}$) [20]. Каждое из измеряемых значений $K_{Э_{КВЧ}}$ как в опыте ($K_{КВЧ}$), так и в контроле (K_k) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{Э_{КВЧ}} = \frac{(K_{КВЧ} - K_k) \pm (\delta_{КВЧ} + \delta_k)}{(K_k \pm \delta_k)} \cdot 100\%$$

где $K_{Э_{КВЧ}}$ – коэффициент эффективности ЭМИ КВЧ, $K_{КВЧ}$ – параметры ноцицептивной чувствительности при действии ЭМИ КВЧ, K_k – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, $\delta_{КВЧ}$ и δ_k – среднеквадратические отклонения измерений в группе КВЧ и у интактных животных соответственно.

Таким образом, отрицательные значения $K_{Э_{КВЧ}}$ свидетельствовали о развитии состояния относительной гипераналгезии (значения П и ЛП ниже, чем в группе контроля), а положительные – о состоянии гипоаналгезии.

Эффект влияния налоксона на параметры ноцицептивной чувствительности при различных экспериментальных воздействиях оценивался по коэффициенту эффективности налоксона ($K_{Э_n}$) [20]. Каждое из измеряемых значений $K_{Э_n}$ как в опыте ($K_э$), так и в контроле (K_k) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{Э_n} = \frac{(K_э - K_k) \pm (\delta_э + \delta_k)}{(K_k \pm \delta_k)} \cdot 100\%$$

где $K_{Э_n}$ – коэффициент эффективности, $K_э$ – параметры ноцицептивной чувствительности в соответствующей экспериментальной группе при дополнительном введении налоксона, K_k – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, $\delta_э$ и δ_k – среднеквадратические отклонения измерений в опыте и контроле соответственно.

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических статистических методов, применение которых была показана проверкой полученных данных на закон нормального распределения. Вычисляли средние значения исследуемых величин и ошибку среднего. Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали *t*-критерий Стьюдента. Оценивалась достоверность различий показателей ноцицептивной чувствительности между группами (p_1), а также между исходными значениями и данными, полученными в каждом дне эксперимента в пределах групп (p_2). Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с применением программы «Microsoft Excel» и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [22, 23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики параметров ноцицепции у интактных моллюсков *Helix albescens* выявил их нерезко выраженные колебания. П изменялся от $30,39 \pm 0,12^\circ\text{C}$ до $30,69 \pm 0,12^\circ\text{C}$; ЛП от $9,71 \pm 0,18$ с до $10,16 \pm 0,19$ с.

Изменения параметров ноцицептивной чувствительности моллюсков, подвергнутых 30-минутному действию ЭМИ КВЧ, существенно отличались от таковой в группах интактных животных и животных «плацебо». Показатели П и ЛП РИ в данной экспериментальной группе варьировали от $30,28^\circ\text{C}$ до $31,86^\circ\text{C}$ и от 9,53 с до 11,93 с соответственно.

В течение первых-третьих суток наблюдения П и ЛП РИ особей данной группы недостоверно снижался относительно исходного уровня данных, достигая минимального значения на второй-третий дни – $30,28 \pm 0,08^\circ\text{C}$ и $9,53 \pm 0,21$ с соответственно. $KЭ_{\text{КВЧ}}$ в этот период снижался до -3,47%, что соответствует развитию гипераналгезии, но уже после четвертого воздействия начинается прогрессирующее возрастание $KЭ_{\text{КВЧ}}$, т.е. развитие гипоаналгетического эффекта до 17,38% ($p_2 < 0,001$) на 16 сутки эксперимента (рис. 1). На таком уровне он остается в различных сериях экспериментов в течение трех-четырех дней, а затем медленно снижается и на 20, 21 сутки практически не отличается от исходного уровня.

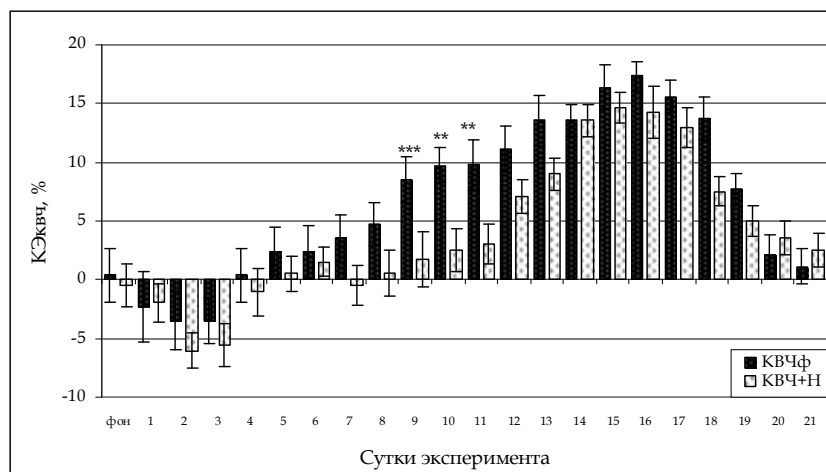


Рис. 1. Динамика $KЭ_{\text{КВЧ}}$ ($\bar{x} \pm s\bar{x}$) при предварительном введении налоксона (КВЧ+Н) или физиологического раствора (КВЧф).

Примечание: P – достоверность различий между группами: ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

Таким образом, изменения ноцицепции при действии ЭМИ КВЧ носят фазный характер: первая кратковременная (первые-третьи сутки) фаза гипераналгезии сменяется стадией снижения ноцицепции, то есть развитием гипоаналгетического эффекта, который достигает максимума на 16 сутки, а затем снижается до

исходного уровня. Начальное увеличение чувствительности к термическому стимулу под влиянием ЭМИ КВЧ обнаружено нами впервые.

Как свидетельствуют данные литературы [20] и результаты собственных ранее проведенных исследований [24] электромагнитные излучения и других частотных диапазонов после первых воздействий вызывают гипераналгетический эффект. Наиболее ярко этот эффект выражен при электромагнитном экранировании [25]. Стадии гипераналгезии при воздействии ЭМИ КВЧ, по-видимому, соответствует обострение болевого синдрома, имеющего место при КВЧ-терапии.

Как показали проведенные исследования, в механизмах этого действия важную роль играет опиоидная система.

Ежедневная инъекция налоксона интактным животным в течение 21-суточного эксперимента приводит к разнонаправленным изменениям в различные дни исследования показателей ноцицептивной чувствительности моллюсков относительно животных, которым вводился физиологический раствор в эквивалентном объеме (рис. 2). Однако эти изменения во все сроки наблюдения были недостоверны.

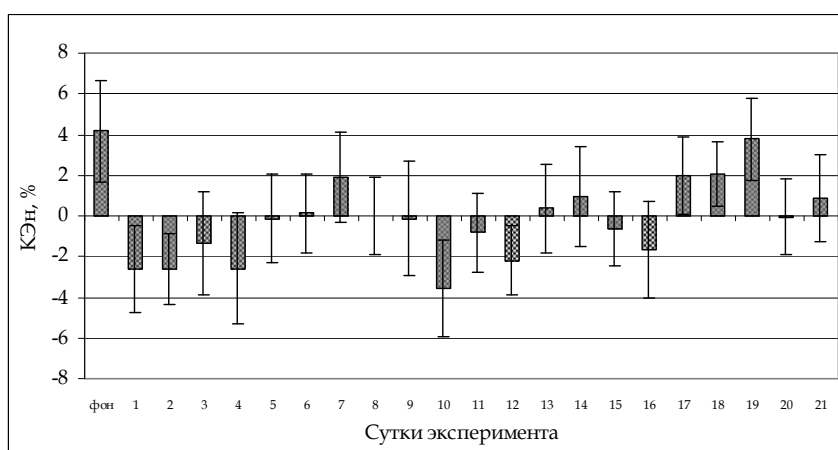


Рис. 2. Динамика $K_{Эн}$ ($\bar{\chi} \pm s\bar{\chi}$) у интактных моллюсков.

У моллюсков, которым перед каждым воздействием ЭМИ КВЧ вводили неселективный блокатор опиоидных рецепторов налоксон, отмечены фазные изменения ноцицепции, но они были гораздо менее выражены, по сравнению с изменениями, вызываемыми только ЭМИ КВЧ.

В течение первых-третьих суток эксперимента снижение $K_{КВЧ+Н}$ у животных этой группы было выражено больше (до -6,1%), чем у интактных моллюсков и животных, которым вводился физиологический раствор, хотя эти изменения были недостоверны, т.е. начальная фаза гипераналгезии при введении налоксона более выражена. В эту стадию зарегистрированы близкие к нулю $K_{Эн}$, т.е.

гипераналгетический эффект может быть связан с низкой активностью опиоидной системы (рис. 3).

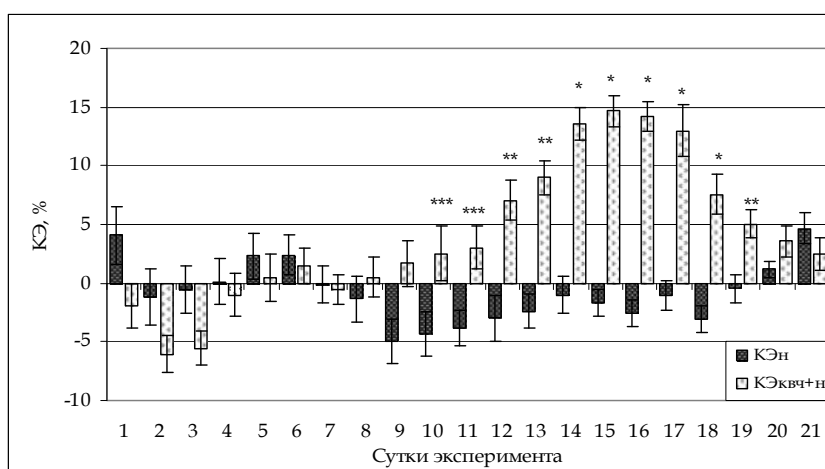


Рис 3. Динамика $KЭ_n$ и $(\bar{\chi} \pm S\bar{\chi})$ при предварительном введении налоксона ($KЭ_{квч+н}$).

Примечание: P – достоверность различий между $KЭ_n$ и $KЭ_{квч+н}$: * – ($p_1 < 0,001$), ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

С четвертых по восьмые сутки $KЭ_{квч}$ при действии ЭМИ КВЧ на интактных животных постепенно нарастал, т.е. развивался гипоаналгетический эффект, однако, введение налоксона полностью ингибировало этот процесс, что свидетельствует о полной опиоидобусловленности гипоаналгетического эффекта ЭМИ КВЧ в этот период. С девятого суток исследования гипоаналгетический эффект ЭМИ КВЧ под влиянием налоксона начинает только редуцироваться, а не аннулироваться. При постепенном возрастании этого эффекта до 16 суток $KЭ_n$ прогрессивно снижается, т.е. роль последнего в снижении гипоаналгезии прогрессивно уменьшается, приближаясь к нулю, и, начиная с 14 суток, $KЭ_{квч}$ сравниваемых групп не отличается друг от друга. Таким образом, в эти сроки опиоиды не участвуют в развитии гипоаналгетического эффекта ЭМИ КВЧ.

Следовательно, степень снижения антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ налоксоном существенно зависит от продолжительности воздействия: с увеличением числа воздействий налоксон оказывает все менее выраженное действие. Такое явление было обнаружено A.W. Thomas et al. (1997) [26] при изучении роли налоксона, а также специфических блокаторов опиоидных рецепторов в антиноцицептивном действии импульсного магнитного поля у моллюсков *Cerpeae nemoralis*. Этот феномен, по-видимому, связан с развитием толерантности опиоидной системы к действию ЭМИ.

Таким образом, опиоидная система участвует в развитии анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ. На разных этапах его продолжительного действия роль этой

системы неодинакова: в течение первых-третьих суток ее активность несколько снижена, что, по-видимому, является одной из причин тенденции к гипераналгезии, с четвертых по восьмые сутки гипоаналгетический эффект ЭМИ КВЧ полностью блокируется налоксоном, т.е. обусловлен только опиоидами, с 15 дня эффект лишь частично опиоидобусловлен, т.к. он редуцируется, но не аннулируется неспецифическим блокатором опиоидных рецепторов. Роль опиоидов уменьшается с увеличением числа воздействий, что связано с развитием толерантности опиоидной системы к действию низкоинтенсивных ЭМИ КВЧ.

Результаты проведенных исследований согласуются с имеющимися литературными данными. Так, обнаружено, что однократное внутрибрюшинное введение налоксона приводит к уменьшению антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ при тонической (на 60,4%), висцеральной (на 39,7%) и острой термической (на 6,3%) боли [9].

Селективные блокаторы дельта- и каппа-опиоидных рецепторов у мышей с моделированной хронической не нейропатической болью, введенные перед однократным воздействием ЭМИ КВЧ, снимают антиноцицептивное действие ЭМИ КВЧ, тогда как применение блокаторов мю-рецепторов не влияет на выраженность антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ у мышей [7].

Определено содержание эндогенных опиоидов в ЦНС крыс, на которых воздействовали ЭМИ частотой 61,22 ГГц. Через 20 минут после воздействия электромагнитного фактора было обнаружено возрастание концентрации селективного эндогенного агониста дельта-опиоидных рецепторов – энкефалина в среднем мозге на 70% и в гипоталамусе в 2 раза, тогда как содержание эндорфинов и динарфина не изменялось [7].

О вовлечении опиоидной системы в реализации эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ, свидетельствуют также данные о способности налоксона редуцировать эти эффекты. Например, введение налоксона нивелирует антистрессорное действие ЭМИ КВЧ [27, 28], его способность тормозить рост меланомы B16 F10 у мышей [29], увеличивать продолжительность анестезии, вызванной кетаминном или хлоралгидратом [30]. Применение селективных блокаторов опиоидных рецепторов свидетельствует о преимущественном участии в реакциях на действие ЭМП энкефалиновой системы [7, 26].

Итак, в механизмах анальгетического действия ЭМИ КВЧ важную роль играет опиоидная система, роль которой на разных этапах действия электромагнитного раздражителя неодинакова. На определенных стадиях, в частности, с 15 суток наблюдения, гипоаналгетический эффект ЭМП лишь частично опиоидобусловлен.

Неопиоидобусловленная магнитоиндуцированная аналгезия может быть вызвана изменением активности и других систем, обеспечивающих ноцицепцию. Так как антиноцицептивный эффект вызывают ЭМП различных параметров, то для обсуждения результатов проведенного исследования могут быть привлечены данные об исследовании их активности.

Показано участие мелатонина и бензодиазепина в изменении болевого порога у грызунов при действии ЭМИ частотой 60 Гц [31]. Данные об участии мелатонина в

обеспечении антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ получены Е.Н. Чуян и др. (2006) в экспериментах с применением блокаторов мелатониновых рецепторов [9].

Механизмы неопиоидобусловленной магнитоиндуцированной анальгезии изучены Х. Вао et al. (2006) [32]. Авторами был достигнут гипоаналгетический эффект ЭМП частотой 55,6 Гц интенсивностью 8,1 мТл, и после этого исследовано содержание в гипоталамусе β -эндорфина, субстанции Р, серотонина. Содержание этих веществ в гипоталамусе коррелировало с уровнем ноцицепции мышей.

Показана также роль серотонина и дофаминергических систем в анальгетическом действии ЭМИ КВЧ. Введение блокатора синтеза серотонина экспериментальным животным уменьшало антиноцицептивный эффект ЭМИ КВЧ при тонической боли на 79,46% [9].

Сравнительный анализ анальгетической эффективности ЭМИ КВЧ при экспериментально вызванной тонической боли на фоне предварительного введения блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, ингибиторов синтеза серотонина, α - и β -адреноблокаторов, блокаторов дофаминовых и мелатониновых рецепторов, проведенный Е.Н. Чуян и др. (2006), позволил сделать вывод о том, что в зависимости от времени протекания болевой реакции анальгетическое действие ЭМИ КВЧ обеспечивается различными эндогенными системами. В ранней стадии ведущую роль в механизмах обезболивающего действия ЭМИ КВЧ играет опиоидная система, мелатонин, норадреналин, в более поздней – серотонин [9].

Таким образом, в антиноцицептивном действии ЭМИ КВЧ важную роль играет опиоидная систем, степень участия которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова. Кроме того, в реализации этого эффекта участвуют и другие системы, обеспечивающие ноцицепцию. Дальнейшие исследования позволят конкретизировать каждый из них в механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ.

ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ вызывает выраженный гипоаналгетический эффект у моллюсков *Helix albescens*.
2. В механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ важное значение имеет опиоидная система, роль которой неодинакова на разных этапах действия электромагнитного раздражителя.

Список литературы

1. Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине / Н.Д. Девятков, Ю.Л. Арзуманов, О.В. Бецкий [и др.] // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 1995. – С. 6–8.
2. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / [Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В.]. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
3. Кузьменко В.М. Роль мікрохвильової резонансної терапії в комплексному лікуванні хворих на церебральний атеросклероз / В.М. Кузьменко // Лікувальна справа. – 1998. – № 7. – С. 146–148.
4. Теппоне М.В. Крайне высокочастотная (КВЧ) - терапия в онкологии / М.В. Теппоне, Р.С. Авакяна // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 1 (29). – С. 3–19.

5. Usichenko T.I. Treatment of chronic pain with millimetre wave therapy (MWT) in patients with diffuse connective tissue diseases: a pilot case series study / T.I. Usichenko, H.F. Herget // *Eur. J. Pain.* – 2003. – Vol. 7. – P. 289–294.
6. Millimeter wave induced hypoalgesia in mice: Dependence on type of experimental pain / A.A. Radzievsky, O.V. Gordiienko, A. Cowan [et al.] // *IEEE Trans Plasma Sci.* – 2004. – Vol. 32. – P. 1634–1643.
7. Electromagnetic millimeter wave induced hypoalgesia: frequency dependence and involvement of endogenous opioids / A.A. Radzievsky, O.V. Gordiienko, S. Alekseev [et al.] // *Bioelectromagnetics.* – 2008. – Vol. 29. – P.284–295.
8. Rojavin M.A. Electromagnetic millimeter waves increase the duration of anaesthesia caused by ketamine and chloral hydrate in mice / M.A. Rojavin, M.C. Ziskin // *Int J Radiat Biol.* – 1997. – Vol. 72. – P. 475–480.
9. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева. – С.: «ДИАЙПИ», 2006. – 508 с.
10. Frey A.H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A.H. Frey // *FASEB J.* – 1993. – Vol. 7 (2). – P. 272–281.
11. Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях – Страсбург, 18 марта 1986 г., глава III, статья 6.
12. Темуриянц Н.А. Влияние различных экологических факторов на моллюсков / Н.А. Темуриянц, К.Н. Туманянц, А.С. Костюк // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия.* – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 159–166.
13. Дьяконова В.Е. Роль опиоидных пептидов в поведении беспозвоночных / В.Е. Дьяконова // *Журн. эволюц. биохим. и физиологии.* – 2001. – Т. 37, № 4. – С. 253–261.
14. Possible mechanisms by which extremely low frequency magnetic fields affect opioid function / F.S. Prato, J.L.L. Carson, K.-P. Ossenkopp [et al.] // *FASEB.* – 1995. – Vol. 7 (9). – P. 807–814.
15. Antinociceptive effects of a pulsed magnetic field in the land snail *Cepaea nemoralis* / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // *Neurosci. Lett.* – 1997. – Vol. 222. – P. 107–110.
16. Kavaliers M. Environmental specificity of tolerance to morphine-induced analgesia in a terrestrial snail: generalization of the behavioral model of tolerance / M. Kavaliers, M. Hirst // *Pharmacol. Biochem. Behav.* – 1986. – Vol. 25. – P. 1200–1206.
17. Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice / C. Del Seppia, P. Luschi, S. Ghione [et al.] // *Life Sci.* – 2000. – Vol. 66 (14). – P. 1299–306.
18. Martin W.R. Naloxone / W.R. Martin // *Ann. Intern. Med.* – 1976. – Vol. 85 (6). – P. 765–768.
19. Prato F.S. Behavioural evidence that magnetic field effects in the land snail *Cepaea nemoralis*, might not depend on magnetite or induced electric currents / F.S. Prato, M. Kavaliers, J.L.L. Carson // *Bioelectromagnetic.* – 1996. – Vol. 17. – P. 123–130.
20. Prato F.S. Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.W. Thomas // *Bioelectromagnetics.* – 2000. – Vol. 2. – P. 287–301.
21. Вишнеvский В.Г. Установка для определения параметров болевой чувствительности наземных моллюсков / В.Г. Вишнеvский, А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // *Физика живого.* – 2009. – Т. 17 (2). – С. 174–178.
22. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – Киев: Модмон, 2000.
23. Боровиков В. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов.* 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
24. Темуриянц Н.А. Динамика и инфранианная ритмика температурной/болевой чувствительности моллюска *Helix* в условиях воздействия электромагнитных полей / Н.А. Темуриянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2010. – Т. 42, № 4. – С. 329–339.
25. Костюк А.С. Динамика и инфранианная ритмика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при электромагнитном экранировании / А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // *Труды IX ежегодной молодежной конференции ИБХФ РАН-ВУЗы "Биохимическая физика", Москва, 9-11 ноября 2009.* – С. 115–121

26. Pulsed magnetic field induced "analgesia" in the land snail, *Cepaea nemoralis*, and the effects of μ , δ , and κ opioid receptor agonists/antagonists / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // *Peptides*. – 1997. – Vol. 18. – P. 703–709.
27. Чуян Е.Н. Роль опиоидных пептидов в изменении функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс при изолированном и комбинированном с гипокинезией воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Серия «Биология, химия»*. – 2005. – Т. 18 (57), № 2. – С. 169–177.
28. Махонина М.М. Биологическое действие электромагнитного излучения крайне высокой частоты в условиях блокады опиоидных рецепторов: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.03 «Биофизика» / М.М. Махонина. – Таврический национальный ун-т им. В.И. Вернадского – Симферополь, 2007. – 24 с.
29. Millimeter wave-induced suppression of B16 F10 melanoma growth in mice: Involvement of endogenous opioids / A.A. Radziewsky, O.V. Gordienko, I. Szabo [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2004. – Vol. 25. – P. 466–473.
30. Antipruritic effect of millimeter waves in mice: evidence for opioid involvement / M.A. Rojavin, A. Cowan, A.A. Radziewsky [et al.] // *Life Sci*. – 1998. – Vol. 63 (18). – P. 251–257.
31. Effects of extremely low frequency magnetic fields on pain thresholds in mice: roles of melatonin and opioids / J.H. Jeong, K.B. Choi, B.C. Yi [et al.] // *J Auton Pharmacol*. – 2000, Aug. – Vol. 20 (4). – P. 259–64.
32. A possible involvement of β -endorphin, substance P, and serotonin in rat analgesia induced by extremely low frequency magnetic field / X. Bao, Y. Shi, X. Huo [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2006. – Vol. 27, I. 6. – P. 467–472.

Темур'янц Н.А. Зміни ноцицепції молюсків *Helix albescens* при дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти і її зміни під впливом налоксону / Н.А. Темур'янц, О.М. Чуян, К.М. Туманянц, О.С. Костюк, О.М. Туманянц // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 196-206.

Досліджено вплив низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ на параметри ноцицептивної чутливості молюсків *Helix albescens*. Показано, що в механізмах антиноцицептивної дії ЕМВ НВЧ важливе значення відіграє опіоїдна система. Роль опіоїдної системи змінюється неоднаково на різних етапах дії електромагнітного подразника і залежить від тривалості впливу фактора.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, ноцицептивна чутливість, опіоїдна система, молюски.

Temuryants N.A. Changes nociception of molluscs *Helix albescens* under the influence of low intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency and its changes under the influence naloxone / N.A. Temuryants, E.N. Chuyan, K.N. Tumanlyants, A.S. Kostyuk, E.N. Tumanlyants // *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University*. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 196-206.
The effect of low-intensity EMR EHF on the parameters of nociceptive sensitivity of molluscs *Helix albescens*. It is shown that the mechanisms of antinociceptive action of EMR EHF is important opioid system. The role of opioid system varies differently at different stages of the electromagnetic stimulus and depends on the duration of the impact factor.

Keywords: electromagnetic radiation of extremely high frequency, nociceptive sensitivity, opioid systems, molluscs.

Поступила в редакцію 10.12.2010 г.

УДК 612.821

МОДУЛЯЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ЧАСТЬ II)

Трибрат Н.С., Чуян Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tribratnatalia@rambler.ru*

Методом лазерной доплеровской флоуметрии показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на процессы микроциркуляции крови в коже человека, что выражается в изменении неосцилляторных и осцилляторных характеристик базального кровотока и показателей микрососудистого тонуса. Однократное воздействие ЭМИ КВЧ приводит к местному снижению периферического сопротивления и доминированию нутритивного кровотока на фоне депрессии шунтового, в пользу чего свидетельствуют увеличение амплитуд миогенных и эндотелиальных осцилляций тканевого кровотока на фоне снижения миогенного тонуса и показателя шунтирования только в области локализации КВЧ-воздействия. Многократное воздействие ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на изменение как неосцилляторных, так и осцилляторных показателей, характеризующих активные и пассивные факторы регуляции микроциркуляторных процессов, следствием чего является увеличение выработки вазодилаторов, снижение периферического сопротивления в области артериол и прекапилляров, увеличение притока крови в микрососудистое русло на фоне улучшения венолярного оттока. В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы основную роль играют эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый и нейрогенный компоненты регуляции тканевого кровотока.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия.

При десятикратном воздействии ЭМИ КВЧ отмечается увеличение неосцилляторных показателей тканевого кровотока: интегрального показателя микроциркуляции – уровня перфузии (максимально на 66,81%; $p < 0,05$), флакса (максимально на 104,69%; $p < 0,05$) и коэффициента вариации (максимально на 45,81%; $p < 0,05$), характеризующих увеличение variability тканевого кровотока.

Таким образом, локальные изменения показателей тканевого микрокровотока под влиянием мм-излучения проявлялись в повышении уровня перфузии и флакса во время первого сеанса, а системные изменения неосцилляторных показателей микроциркуляции – начиная с пятого сеанса мм-терапии.

Анализ осцилляторных показателей микроциркуляции свидетельствует о том, что, что в отличие от однократного сеанса мм-терапии при многократном КВЧ-воздействии изменения осцилляторных показателей регистрировались как в области локализации КВЧ-воздействия (ЭИТ), так и в дистантной симметричной области (КИТ), что свидетельствует о системном проявлении изменений.

Так, уже в течение третьего сеанса отмечались изменения со стороны

нейрогенного фактора контроля тканевого кровотока, что выражалось в увеличении A_n течение всего периода ЛДФ-метрии в среднем на 26,33% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 26,99% ($p < 0,05$) в КИТ в сравнении с исходными данными этого показателя (рис. 3). Известно, что физиологическая природа нейрогенных колебаний связана с симпатическими адренергическими влияниями на гладкие мышцы артериол и артериоларных участков артерио-венулярных анастомозов (АВА) [1]. Увеличение A_n наблюдается при снижении симпатической импульсации, приводя к снижению прессорных симпатических влияний [1, 2] и как следствие, снижению жесткости сосудистой стенки, а, соответственно, и снижению периферического сопротивления в области артериол и АВА, что и отмечалось в обеих областях ЛДФ-метрии, начиная с третьего сеанса КВЧ-воздействия.

Кроме того, в течение третьего сеанса КВЧ-воздействия у испытуемых экспериментальной группы отмечалось снижение A_d , 54,44% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 37,54% ($p < 0,05$) в КИТ в сравнении с данными этого показателя, зарегистрированными в группе плацебо (рис. 3). Поскольку показатель A_d обусловлен динамикой венозного давления при легочной механической активности, а местом локализации дыхательных ритмов в системе микроциркуляции являются вены [3], то снижение A_d , отмечаемое у волонтеров экспериментальной группы в обеих областях ЛДФ-метрии свидетельствует о снижении кровенаполнения венул, а следовательно, об улучшении веноулярного оттока, отмечаемого при КВЧ-воздействии.

Поскольку изменения нейрогенных и дыхательных осцилляторных показателей отмечались в обеих областях ЛДФ-метрии, что указывает на системный характер проявления описываемых изменений.

Наряду с системными изменениями продолжали отмечаться и местные изменения тканевого кровотока, что выражалось в увеличении $A_э$ в ЭИТ на 23,30% ($p < 0,05$) и A_m на 17,96% ($p < 0,05$) в ЭИТ в сравнении с данными этого показателя, зарегистрированными в КИТ.

Пятый сеанс КВЧ-воздействия характеризовался вовлечением иного осцилляторного компонента – пульсовой волны, а именно отмечалось увеличение A_p на 19,71% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 15,80% ($p < 0,05$) в КИТ в сравнении с данными этого показателя, зарегистрированными до воздействия ЭМИ КВЧ (рис. 3). Поскольку A_p , приносящейся в микроциркуляторное русло со стороны артерий, является параметром, который изменяется в зависимости от состояния тонуса резистивных сосудов [4], очевидно, что при снижении сосудистого тонуса, увеличивается объем притока артериальной крови в микроциркуляторное русло, модулированной пульсовой волной. Наряду с этим, в течение пятого сеанса продолжало отмечаться увеличение A_n на 32,31% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 15,81% ($p < 0,05$) в КИТ относительно исходных данных этого показателя. Кроме того, у волонтеров, подвергавшихся действию ЭМИ КВЧ продолжало отмечаться снижение A_d на 47,36% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 43,19% ($p < 0,05$) в КИТ относительно данных этого показателя, зарегистрированных у испытуемых контрольной группы. Вероятно, увеличение A_p и A_n способствовало увеличению притока крови в микрососудистое русло, что способствовало улучшению веноулярного оттока и находило свое выражение в снижении A_d . Поскольку изменения A_n , A_p и A_d отмечались в обеих областях ЛДФ-метрии, это

указывает на системный характер описываемых изменений и свидетельствует о системном снижении периферического сопротивления в области артериол и АВА.

Наряду с генерализованными изменениями продолжали отмечаться и локальные, среди которых наблюдался рост Аэ и Ам на 23,60% ($p \leq 0,05$) и 28,48% ($p < 0,05$) соответственно ЭИТ в сравнении с данными этого показателя, зарегистрированными в КИТ (рис. 3).

Сеансы ЭМИ КВЧ	ОБЛАСТИ ЛДФ-МЕТРИИ			
	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТОЧКА		КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТОЧКА	
1	МИОГЕННЫЕ РИТМЫ	ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ РИТМЫ		
3	МИОГЕННЫЕ РИТМЫ	ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ РИТМЫ		
	НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ	НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ
5-7	МИОГЕННЫЕ РИТМЫ	ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ РИТМЫ		
	НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ		НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ	
	ПУЛЬСОВЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ	ПУЛЬСОВЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ
10	МИОГЕННЫЕ РИТМЫ	ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ РИТМЫ		ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ РИТМЫ
	НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ		НЕЙРОГЕННЫЕ РИТМЫ	
	ПУЛЬСОВЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ	ПУЛЬСОВЫЕ РИТМЫ	ДЫХАТЕЛЬНЫЕ РИТМЫ

Рис. 3. Схема изменения осцилляторных показателей микроциркуляторного русла в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ КВЧ.

Седьмой сеанс КВЧ-воздействия характеризовался такими же изменениями, что отмечались в течение пятого сеанса КВЧ-воздействия. Так, среди системных изменений отмечалось увеличение Ан и Ап на 23,97% ($p < 0,05$) и 43,09% ($p < 0,05$) соответственно в ЭИТ, а также на 22,17% ($p < 0,05$) и 20,80% ($p < 0,05$) соответственно в КИТ на фоне снижения Ад в среднем на 46,88% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 44,42% ($p < 0,05$) в КИТ относительно значений соответствующих показателей, зарегистрированных у испытуемых контрольной группы. Подобные изменения осцилляторных показателей сопровождаются снижением периферического сопротивления и увеличения потока крови в микрососудистое русло на фоне улучшения веноулярного оттока.

Наряду с системными изменениями осцилляторных параметров в течение седьмого сеанса мм-терапии наблюдались и локальные, среди которых отмечалось увеличение Ам на 35,91% ($p < 0,05$) и Аэ на 24,39% ($p < 0,05$) в ЭИТ в сравнении со значениями этих показателей, зарегистрированных в КИТ (рис. 3).

Изменения осцилляторных показателей, зарегистрированные в течение десятого сеанса мм-терапии во многом были аналогичны таковым, что и в предыдущих сеансах КВЧ-воздействия, но характеризовались большим вкладом системных факторов. Так, в течение десятого сеанса КВЧ-воздействия, в отличие от предыдущих сеансов, отмечалось увеличение Аэ не только в ЭИТ, но и в КИТ на 23,51% ($p < 0,05$) и 20,72% ($p < 0,05$) соответственно, что указывает на то, что увеличение эндотелиального компонента при длительном воздействии ЭМИ КВЧ также носит системный характер.

Наряду с этим, отмечалось увеличение Ан на 26,71% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 20,6% ($p < 0,05$) в КИТ и Ап на 48,37% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 42,91% ($p < 0,05$) в КИТ. На фоне чего отмечалось снижение Ад на 46,88% ($p < 0,05$) в ЭИТ и 44,42% ($p < 0,05$) в КИТ в сравнении со значениями соответствующих показателей, зарегистрированными у испытуемых контрольной группы (рис. 3).

Локальные изменения осцилляторных показателей были характерны лишь для миогенных ритмов, и проявлялись в увеличении Ам на 35,91% ($p < 0,05$) относительно значений этого показателя, зафиксированных в КИТ (рис. 3).

Таким образом, местные изменения показателей тканевой микрогемодинамики под влиянием мм-излучения характеризовались постепенным включением миогенного и эндотелиального осцилляторных компонентов регуляции во время первого сеанса, нейрогенного и дыхательного, начиная с третьего сеанса, пульсового – с пятого сеанса мм-терапии. Системные изменения показателей микроциркуляции происходили на более поздних этапах курсового КВЧ-воздействия: вовлечение нейрогенного и дыхательного осцилляторных компонентов регуляции, начиная с третьего КВЧ-воздействия (одновременно с локальными), кардиоритма – с пятого, а эндотелиального компонента регуляции – во время десятого сеанса мм-терапии.

Наряду с изменением неосцилляторных и осцилляторных показателей, многократное КВЧ-воздействие привело и к изменению показателей микрососудистого тонуса. В частности, произошло локальное снижение МТ, отмечаемое лишь в области КВЧ-воздействия в течение всех сеансов мм-терапии максимально на 34,15% ($p < 0,05$), что свидетельствует о местном снижении периферического сопротивления в области гладкомышечных прекапилляров. Наряду с этим, отмечалось и снижение НТ, который аналогично показателю Ан, снижался в течение всего курса мм-терапии, начиная с третьего сеанса КВЧ-воздействия максимально на 21,19 ($p < 0,05$) в ЭИТ и 31,34 ($p < 0,05$) в КИТ, что дополнительно подтверждает снижение периферического сопротивления в области артериол и артериолярных участков АВА [4].

Изменение функционального состояния микрососудистого эндотелия при действии ЭМИ КВЧ

Увеличение функциональной активности эндотелия отмечалось как при однократном, так и при многократном действии мм-терапии. Доказательством этому служат результаты проведения фармакологической и окклюзионной проб. Так, при

проведении фармакологической пробы после однократного КВЧ-воздействия отмечалось увеличение уровня реакции кожного кровотока при введении АХ (РКК(АХ)) на 41,55% ($p \leq 0,05$) (рис. 4), а также функциональной активности эндотелия (ФАЭ) на 48,39% ($p \leq 0,05$). Прирост данных показателей, вероятно, отмечался за счет увеличения вклада Аэ, подтверждением чему служит рост показателей Аэ(АХ) на 13,82% ($p \leq 0,05$) и Аэ(АХ/НП) на 35,20% ($p \leq 0,05$) соответственно. Аналогичные, но более выраженные изменения отмечались и после пятого сеанса ЭМИ КВЧ. В частности, отмечалось увеличение РКК(АХ) и ФАЭ на 41,55 ($p \leq 0,05$) и 78,76% ($p \leq 0,05$) соответственно и Аэ(АХ) и Аэ(АХ/НП) на 48,17 ($p \leq 0,05$) и 51,57 ($p \leq 0,05$) соответственно.

Десятый сеанс ЭМИ КВЧ также характеризовался подобными изменениями. В частности, отмечался прирост показателей РКК(АХ) и ФАЭ на 37,99 ($p \leq 0,05$) и 63,98 ($p \leq 0,05$) соответственно на фоне увеличения Аэ(АХ) на 42,68% ($p \leq 0,05$) и Аэ(АХ/НП) на 33,97% Аэ(АХ/НП), что свидетельствует об увеличении функциональной активности эндотелия.

Данные окклюзионной пробы также указывают на увеличение функциональной активности эндотелия, в пользу чего свидетельствует рост во время реактивной постокклюзионной гиперемии таких показателей как реакция кожного кровотока (РККоп) на 41,76% ($p \leq 0,05$) и 63,28% ($p \leq 0,05$), наряду с увеличением Аэ на 22,40% ($p \leq 0,05$) и 38,34% ($p \leq 0,05$) после однократного и десятикратного сеансов КВЧ-воздействия соответственно.

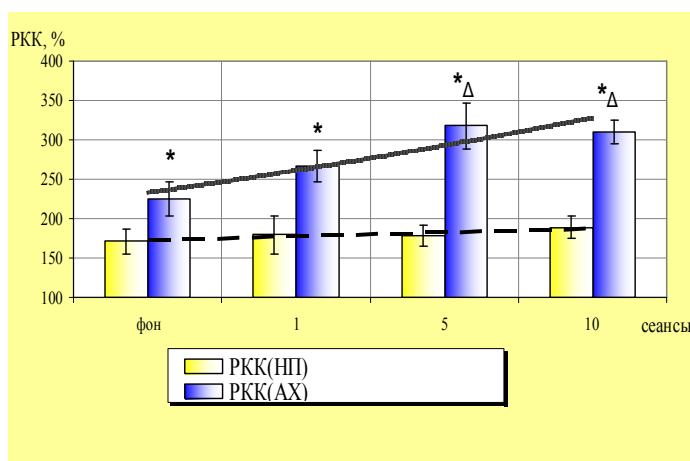


Рис. 4. Динамика реакции кожного кровотока (РКК в %), при ионофорезе ацетилхолина (РКК(АХ)) и нитропрусида НП (РКК(НП)) во время курсового воздействия ЭМИ КВЧ. Примечание: * – достоверность различий ($p \leq 0,05$), между показателями РКК(АХ) и РКК(НП) по критерию Манна-Уитни; Δ – достоверность различий ($p \leq 0,05$) относительно значений показателя РКК(АХ), по критерию Вилкоксона.

Вероятно, полученные результаты связаны с тем, что КВЧ-воздействие затрагивает механизмы ЭЗВ путем изменения выработки главного паракринного вазодилатора NO, в том числе, за счет изменения активности конститутивных форм NOS [5, 6].

Изменение функциональной активности гладкомышечных клеток при действии ЭМИ КВЧ

Данные окклюзионной пробы свидетельствуют о сокращении T1/2 во время реактивной постокклюзионной гиперемии после однократного и десятикратного КВЧ-воздействия на 28,57% ($p \leq 0,05$) и 39,65% ($p \leq 0,05$) соответственно, что свидетельствует об увеличении реактивности гладкомышечных клеток при моделируемом увеличении потока крови [4]. Результаты проведения постуральной пробы также подтверждают увеличение реактивности гладкомышечных клеток при моделируемом увеличении потока крови, что проявилось в увеличении РККпп при опускании конечности ниже уровня сердца на 59,06% ($p \leq 0,05$) и 55,33% ($p \leq 0,05$) после однократного и десятикратного КВЧ-воздействия соответственно в сравнении с данными, полученными до воздействия ЭМИ КВЧ. Полученные данные, по-видимому, связаны с тем, что низкоинтенсивное мм-воздействие оказывает влияние на различные сенсоры, участвующие в реализации миогенных реакций: изменение внутриклеточной концентрации ионов кальция [5-7] протеинкиназу C [8], метаболиты арахидоновой кислоты [8], фосфолипазу A₂ [7].

Оценка эффективности нейрогенного компонента при действии ЭМИ КВЧ

При пролонгированном действии мм-терапии отмечались изменения и со стороны нейрогенного компонента, оказывающего значительное влияние уровень периферического сопротивления. Причем, начиная с третьего сеанса КВЧ-воздействия, отмечались изменения со стороны тонической активности нейрогенного компонента, что проявилось в увеличении An и свидетельствует о снижении прессорных симпатических адренергических влияний в покое [2], а изменения фазической симпатической активности регистрировались при проведении дыхательной пробы лишь после десятого сеанса КВЧ-воздействия, что выразилось в увеличении параметра ΔПМд на 46,53% ($p \leq 0,05$).

Таким образом, изменения нейрогенного фактора, контролирующего тканевой кровотока, при действии ЭМИ КВЧ носили отсроченный характер и оказывали выраженное действие на снижение периферического сопротивления на системном уровне. Данные изменения нейрогенного компонента при действии ЭМИ КВЧ, возможно обусловлены модуляцией импульсной активности рецепторов и других нервных окончаний, расположенных в коже [9-11], в результате чего изменяется структура восходящего импульсного потока, что и может быть причиной рефлекторного изменения тонуса кровеносных сосудов [12].

ВЫВОД

1. Методом лазерной доплеровской флоуметрии показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на процессы микроциркуляции крови в коже человека, что выражается в изменении неосцилляторных и осцилляторных характеристик базального кровотока и показателей микрососудистого тонуса. В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы основную роль играют эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый и нейрогенный компоненты регуляции тканевого кровотока.

2. Однократное воздействие ЭМИ КВЧ приводит к местному снижению периферического сопротивления и доминированию нутритивного кровотока на фоне депрессии шунтового, в пользу чего свидетельствуют увеличение амплитуд миогенных (начиная с первых минут экспозиции мм-излучения максимально на 42,00%; $p \leq 0,01$) и эндотелиальных осцилляций тканевого кровотока (с 10-ой по 30-ую минуты экспозиции максимально на 47,53%; $p \leq 0,05$) на фоне снижения миогенного тонуса (на 27%; $p \leq 0,05$) и показателя шунтирования (в первые 20 минут КВЧ-воздействия максимально на 32,67%; $p \leq 0,05$) только в области локализации КВЧ-воздействия.
3. При десятикратном воздействии ЭМИ КВЧ отмечается увеличение неосцилляторных показателей тканевого кровотока: интегрального показателя микроциркуляции – уровня перфузии (максимально на 65,81%; $p < 0,05$), флакса (максимально на 104,69%; $p < 0,05$) и коэффициента вариации (максимально на 45,81%; $p < 0,05$), характеризующих увеличение variability тканевого кровотока.
4. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на изменение осцилляторных показателей тканевого кровотока, характеризующих активные и пассивные факторы регуляции микроциркуляторных процессов, приводя к увеличению амплитуд эндотелиальных (максимально на 47,53%; $p \leq 0,05$), миогенных (максимально на 56,24%; $p \leq 0,01$) и нейрогенных (максимально на 29,03%; $p < 0,05$), пульсовых (максимально на 48,37%; $p < 0,05$) на фоне снижения амплитуд дыхательных (на 55,9%; $p < 0,05$) ритмов, следствием чего является увеличение выработки вазодилаторов, снижение периферического сопротивления в области артериол и прекапилляров, увеличение притока крови в микрососудистое русло на фоне улучшения венолярного оттока.
5. Курсовое воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ приводит к снижению микрососудистого тонуса: миогенного (максимально на 34,15%; $p < 0,05$), начиная с первого сеанса только в области локализации КВЧ-воздействия и нейрогенного, начиная с третьего сеанса как в области КВЧ-воздействия (максимально на 19,32%; $p < 0,05$), так и в дистантной симметричной области (максимально на 31,34%; $p < 0,05$).
6. Локальные (местные) изменения показателей тканевой микрогемодинамики под влиянием мм излучения характеризовались постепенным включением миогенного и эндотелиального осцилляторных компонентов регуляции на фоне повышения уровня перфузии и флакса во время первого сеанса, нейрогенного и дыхательного, начиная с третьего сеанса, пульсового – с пятого сеанса мм-терапии. Системные изменения показателей микроциркуляции происходили на более поздних этапах курсового КВЧ-воздействия: вовлечение нейрогенного и дыхательного осцилляторных компонентов регуляции, начиная с третьего КВЧ-воздействия (одновременно с локальными), уровня перфузии и кардиоритма – с пятого, а эндотелиального компонента регуляции – во время десятого сеанса мм-терапии.
7. При действии ЭМИ КВЧ наблюдалось изменение функциональной активности микрососудистого эндотелия, в пользу чего свидетельствует увеличение амплитуд эндотелиальных колебаний базального кровотока и стимулированной NO-синтазной активности при фармакологической (увеличение уровня реакции

- кожного кровотока при ионофоретическом введении ацетилхолина максимально на 78,76%; $p \leq 0,05$) и окклюзионной (увеличение реакции кожного кровотока при регистрации постокклюзионной реактивной гиперемии на 63,28%; $p \leq 0,05$) пробах.
8. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на миогенные эндотелий-независимые механизмы регуляции микроциркуляторных процессов, доказательством чего является увеличение амплитуд миогенных ритмов базального кровотока и сокращение периода полувосстановления при регистрации реактивной постокклюзионной гиперемии (на 39,65%; $p \leq 0,05$) на фоне снижения уровня перфузии при проведении постуральной пробы (на 59,06%; $p \leq 0,05$), что свидетельствует о релаксации прекапилляров, увеличении реактивности гладкомышечных клеток в ответ на моделируемое увеличение потока крови.
 9. При курсовом действии ЭМИ КВЧ отмечалось снижение тонических симпатических адренергических влияний и увеличение фазической рефлекторной активности нейрогенного компонента на микроциркуляторное русло, о чем свидетельствуют увеличение амплитуд нейрогенных ритмов базального кровотока и снижение реакции кожного кровотока на 46,53% ($p \leq 0,05$) во время проведения дыхательной пробы.

Список литературы

- 1 Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: discrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations / H. Schmid-Schonbein, S. Ziege, R. Grebe [et al.] // *Int. J. Microcir.* – 1997. – №17. – P. 346–359.
- 2 Крупаткин А.И. Клиническая нейроангиофизиология конечностей (периваскулярная иннервация и нервная трофика) / А.И. Крупаткин – М.: Научный мир, 2003 – 328 с.
- 3 Is high-frequency flux motion due to respiration or to vasomotion activity? / A. Bollinger, A. Yanar, U. Hoffmann [et al.] // *Progress in Applied Microcirculation.* – 1993. – V. 20. – P. 52–58.
- 4 Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Медицина, 2005 – 254 с.
- 5 Adey W.R. Physiological signaling across cell membranes and cooperative influences of extremely low frequency electromagnetic fields / W.R. Adey // In: Frohlich H. (ed.) *Biological coherence and response to external stimuli.* – Berlin Heidelberg, New York: Springer, 1988. – P.148–170.
- 6 Walleczek J. Electromagnetic field effects on the cells of the immune system: the role of calcium signaling / J. Walleczek // *FASEB J.* – 1992. –V. 6. – P. 3177–3185.
- 7 Gapeyev A.B. Mechanisms of Anti-Inflammatory Effects of Low-Intensity Extremely High-Frequency Electromagnetic Radiation / A.B. Gapeyev, E.N. Mikhailik, N.K. Chemeris // *Microwave & Telecommunication Technology : 17th International Crimean Conference, 10-14 Sept. 2007.* – CriMiCo, 2007. – P. 30–32.
- 8 Резонансное ингибирование активности перитонеальных нейтрофилов мыши при действии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в ближней и дальней зонах антенны / А.А. Аловская, А.Б. Гапеев, В.Г. Сафронова [и др.] // *Вестник новых медицинских технологий.* – 1997. – Т. IV, №3. – С.38–45.
- 9 Алексеев С.И. Миллиметровые волны и нейрональные мембраны: эффекты и механизмы / С.И. Алексеев, М.С. Зискин // *Миллиметровые волны в медицине и биологии : 11 Российский симпозиум с международным участием : сб. докл.* – 1997. – М.: МТА КВЧ. – С. 136–139.
- 10 Search for frequency-specific effects of millimeter-wave radiation on isolated nerve function / A.G. Pakhomov, U.K. Prol, S.P. Mathur [et al.] // *Bioelectromagnetics.* – 1997. – V. 18. – P. 324–334.
- 11 Лебедева Н.Н. Электромагнитная рецепция и индивидуальные особенности человека / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская // *Миллиметровые волны в медицине и биологии.* – 1996. – № 7. – С. 14–20.
- 12 Боголюбов В.М. Общая физиотерапия / В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко. – М. – С-Пб.: Правда, 1996. – 480 с.

Трибрат Н.С. Модуляція мікроциркуляторних процесів за допомогою низькоінтенсивного міліметрового випромінювання / Н.С. Трибрат, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 207-215.

Методом лазерної доплерівської флоуметрії показано, що низькоінтенсивне ЕМВ НВЧ надає вираженого впливу на процеси мікроциркуляції крові в шкірі людини, що супроводжується змінами неосциляторних та осциляторних характеристик базального кровотоку й показників мікросудинного тону. Одноразова дія ЕМВ НВЧ призводить до місцевого зниження периферичного опору та домінування нутритивного кровотоку на тлі депресії шунтового на користь чого свідчать збільшення амплітуд міогенних та ендотеліальних осциляцій тканинного кровотоку на фоні зниження міогеного тону та показника шунтування лише в ділянці локалізації НВЧ-впливу. Багаторазова дія ЕМВ НВЧ надає вираженого впливу на зміну як неосциляторних, так і осциляторних показників, що характеризують активні й пасивні фактори регуляції мікроциркуляторних процесів, наслідком чого є збільшення вироблення вазодилаторів, зниження периферичного опору артеріол та прекапілярів, збільшення припливу крові до мікросудин на тлі поліпшення веноулярного відтоку. У механізмах дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ на мікроциркуляторні процеси основну роль відіграють ендотелій-залежний, міогенний ендотелій-незалежний й нейрогенний компоненти регуляції тканинного кровотоку.
Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, мікроциркуляція, лазерна доплерівська флоуметрія.

Tribrat N.S. Modulation of microcirculation processes with the help of low millimeter radiation / N.S. Tribrat, E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 207-215.

Using the method of laser Doppler flowmetry it was shown that low-intensity EHF EMR has a gross effect on the processes of microcirculation in human skin, wich expressed in a change of nonoscillatory and oscillatory characteristics of basal blood flow and indices of microvascular tone. Momentary influence of EHF EMR leads to a local decrease in peripheral resistance and domination of nutritional blood flow in the shunt one against depression in favor of which indicate an increase in the amplitudes of myogenic and endothelial tissue blood flow oscillations indicate the against background of a decrease myogenic tone and indicator shunt only in the localization of EHF exposure. Repeated exposure EHF EMR has a shiking effect on the change of nonoscillatory and oscillatory indicators of passive and active regulation factors of microcirculatory processes resulting in an increase in the production of vasodilators, decrease in peripheral resistance in the arterioles and precapillares, increase blood flow in the microvascular against the background improved venular outflow. In the mechanisms of action of low-intensity EHF EMR on microcirculatory processes the main role belongs to endothelium-dependent, endothelium-independent myogenic and neurogenic components of the regulation of tissue blood flow.

Keywords: microcirculation, electromagnetic radiation of the millimetric range, method of laser Doppler flowmetry.

Поступила в редакцію 15.11.2010 г.

УДК: 612.821 612.8:616.8

ОТРАЖЕНИЕ АГРЕССИВНОСТИ В ПАТТЕРНАХ ВЫЗВАННЫХ ЭЭГ-ПОТЕНЦИАЛОВ

Черный С.В.¹, Махин С.А.², Макаричева А.А.², Гребенюк А.А.³

¹*Крымский республиканский институт последипломного педагогического образования,
Симферополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина*

³*Таврический гуманитарно-экологический институт, Симферополь, Украина
E-mail: neurolab@mail.ru*

Исследовались особенности отражения агрессивности как черты личности человека в компонентах вызванных и связанных с событием ЭЭГ-потенциалов. Было показано, что высокий уровень агрессивности связан со слабым реагированием на изменение экстрацептивной информации, с усилением когнитивного компонента обработки информации и компонентов, связанных с ориентировочной реакцией, что отражается в специфике компонентов вызванных и связанных с событием ЭЭГ-потенциалов.

Ключевые слова: агрессивность, вызванные ЭЭГ-потенциалы, связанные с событием ЭЭГ-потенциалы.

ВВЕДЕНИЕ

Значительное количество исследований посвящено изучению взаимосвязи пространственно-временных характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов (ВП) с индивидуальным уровнем агрессивности человека. Такая взаимосвязь была обнаружена для всех компонентов ВП, начиная с самых коротколатентных, в частности стволовых [1]. Собрано множество данных об особой роли эндогенного потенциала P300, который оказался чувствительным индикатором при отражении различных параметров агрессивности [2-5].

Проблемным моментом является неоднородность накопленных данных, создающая иногда впечатление некоторой внутренней противоречивости. Представляется, что одной из причин этого является сравнение результатов, полученных в экспериментальных парадигмах разного уровня сложности. И хотя уже более-менее признано, что паттерны ЭЭГ-потенциалов могут служить маркерами ряда психологических свойств личности, на наш взгляд, это будет наиболее справедливо при условии их регистрации в экспериментальных парадигмах, которые в определенной степени (например, по сложности выполняемой задачи) приближены к условиям реальной жизни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В серии экспериментов принимало участие 56 испытуемых в возрасте 18-21 года, обоего пола, правши. Регистрировали вызванную активность центральных

отделов коры правого и левого полушарий. Исследование включало в себя два этапа: психологическое тестирование (опросник Басса-Дарки) и регистрацию слуховых ВП и ССП при подаче тоновых посылок громкостью 45 и 90 дБ.

Отведение и анализ ВП, ССП осуществляли по общепринятой методике с использованием автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа ЭЭГ-16S («Medicor», Венгрия), лабораторного интерфейса и компьютера IBM PC. Вызванные ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно в точках С3 и С4, с расположением электродов по системе «10-20».

Для регистрации ВП и ССП в данной серии экспериментов была разработана модификация Go/No-Go парадигмы [6]. Участникам исследования предъявляли пары (30 пар) слуховых стимулов разной тональности (высокая-высокая, высокая-низкая, низкая-низкая, низкая-высокая) с интервалами по 2 с внутри пары и по 4 с между парами. Длительность низкого и высокого сигналов составляла 200 мс. Частота низкого тона составляла 400 Гц, высокого – 1000 Гц. Звуковые сигналы подавали бинаурально на двух уровнях громкости (45 и 90 дБ). Между сериями с подачей стимулов разной громкости испытуемый в течение 1 мин. находился в спокойном состоянии с закрытыми глазами. Пары тонов одной громкости предъявлялись в случайном порядке с одинаковой вероятностью (приближающейся к 50%) появления как низкого, так и высокого тона. Задача испытуемых заключалась в том, чтобы нажать на кнопку правой рукой со временем реакции не более 380 мс в ответ на предъявление пары с высокими тонами или с низкими тонами. Всего значимых пар стимулов, требующих нажатия, было 13-17 из 30.

Методом психодиагностического исследования выступал опросник Басса-Дарки, направленный на выявление индивидуальных особенностей проявления агрессивности. Опросник включает в себя 8 первичных шкал («физическая агрессия», «косвенная агрессия», «раздражение», «негативизм», «обида», «подозрительность», «вербальная агрессия», «чувство вины») и 2 вторичные шкалы («индекс агрессивности», «индекс враждебности»), основанные на расчете показателей первичных шкал.

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологического тестирования количественно обрабатывались с использованием стандартных методов вариационной статистики. Для расчета корреляций использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена, для выявления различий компонентов ВП при подаче тоновых посылок разной интенсивности – критерий Вилкоксона. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Статистически значимыми при корреляционном анализе и статистических сравнениях считали показатели с $p \leq 0,05$. Расчет и графическое оформление данных проводилось с использованием программного пакета STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе ВП в ответ на тональные послылки разной интенсивности были отмечены определенные изменения частотно-амплитудных характеристик ВП. Так, было показано, что при усилении громкости тоновых посылок наблюдается

увеличение амплитуды компонента P1 левого полушария на 108, 5% ($p < 0,01$, различия достоверны по критерию Вилкоксона), амплитуды компонента P2 левого полушария – на 41% ($p < 0,05$), правого полушария – на 29,17% ($p < 0,015$). Также наблюдается снижение латентного периода компонента P2 на 2% ($p < 0,05$). Кроме того, отмечено увеличение амплитуды комплекса компонентов N1-P2 в левом полушарии на 14%, в правом полушарии – на 12,42% при уровне статистической значимости различий $p < 0,05$; указанные различия также достоверны по критерию Вилкоксона.

При предъявлении испытуемому тоновых посылок громкостью 45 дБ была отмечена положительная корреляционная связь показателей по шкале «чувство вины» с латентным периодом компонента P1 правого полушария (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь показателей шкал опросника Басса-Дарки с характеристиками компонентов ВП и ССП, зарегистрированных в Go-NoGo-парадигме определения скорости сложной аудиомоторной реакции с предупреждением при предъявлении тоновых посылок громкостью 45 дБ.

Примечание: сплошными линиями показаны прямые корреляционные связи, пунктирными – обратные. Показаны коэффициенты корреляции и уровни статистической вероятности.

Также отмечена отрицательная корреляционная связь показателей по шкале «чувство вины» с амплитудой компонента P2 правого полушария. Известно, что основной функциональной характеристикой компонента P2 является восприятие непонятных стимулов и возможная адекватная реакция на них [7]. Исходя из этого, можно предположить, что испытуемые, имеющие высокие показатели по исследуемой шкале, слабо реагируют на пороговые стимулы. В свою очередь, наличие отрицательной корреляционной связи показателей по шкале «чувство

вины) с амплитудой позднего компонента (О-волны) УНВ говорит об усилении обработки информации, связанной с модальностью, интенсивностью и длительностью полученной информации [8, 9].

Наличие отрицательных корреляционных связей показателей по шкале «индекс враждебности» с амплитудой конечного компонента УНВ (Т-волна) говорит о высокой концентрации таких психических процессов, как ожидание реализации действия и внимание [9]. Это связано также с усилением реагирования на внешние стимулы и, возможно, снижением порога возбуждения [10], что свидетельствует об усилении компонентов ориентировочной реакции у испытуемых с высокими оценками по шкале «индекс враждебности».

Корреляционные связи показателей шкал теста Басса-Дарки с характеристиками ВП при предъявлении тоновых посылок громкостью 90 дБ показаны на Рис. 2.

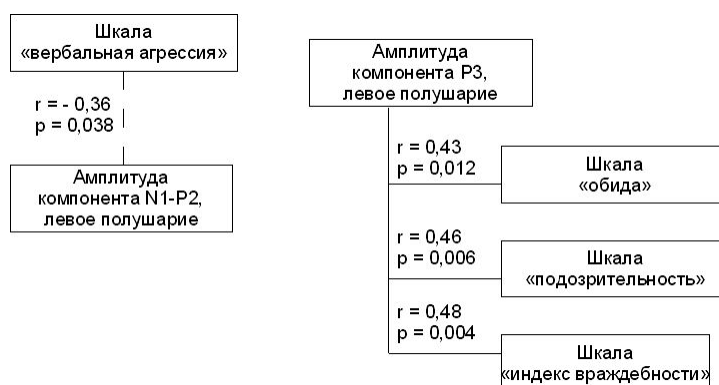


Рис. 2. Взаимосвязь показателей шкал опросника Басса-Дарки с характеристиками компонентов ВП и ССП, зарегистрированных в Go-NoGo - парадигме определения скорости сложной аудиомоторной реакции с предупреждением при предъявлении тоновых посылок громкостью 90 дБ.

Примечание: сплошными линиями показаны прямые корреляционные связи, пунктирными – обратные. Показаны коэффициенты корреляции и уровни статистической вероятности.

Как видно из представленных данных, показатели по шкале «вербальная агрессия» отрицательно связаны с амплитудой вертекс-потенциала (комплекс N1-P2) при предъявлении надпороговых стимулов. Можно заключить, что испытуемые с высокими оценками по шкале «вербальная агрессия» слабо реагируют на изменение интенсивности экстрацептивной информации.

Также видно, что показатели по таким шкалам, как «обида», «подозрительность» и «индекс враждебности» имеют положительные корреляционные связи с амплитудой компонента Р3 левого полушария. Из литературных данных известно, что амплитуда этого компонента наиболее выражена в ситуации направленного внимания [11, 12].

Таким образом, можно заключить, что у испытуемых с высокими оценками по указанным шкалам происходит усиление когнитивного компонента обработки информации при усилении интенсивности экстрацептивных стимулов.

ВЫВОДЫ

1. При подаче слуховых стимулов пороговой интенсивности (45 дБ) отмечены отрицательные корреляционные связи показателей по шкале «чувство вины» с латентным периодом компонента P2 правого полушария и амплитудой начального компонента УНВ правого полушария, а также положительные корреляционные связи с латентным периодом компонента P1 правого полушария, а также отрицательные корреляции показателей по шкале «индекс враждебности» с амплитудой позднего компонента УНВ и амплитудой интегральной УНВ правого полушария.
2. Отмечены отрицательные корреляционные связи показателей по шкале «вербальная агрессия» с амплитудой вертекс-потенциала (комплекс N1-P2) левого полушария, а также положительные корреляционные связи показателей шкал «обида», «подозрительность», «индекс враждебности» с амплитудой компонента P3 левого полушария при подаче слуховых стимулов надпороговой интенсивности (90 дБ).

Список литературы

1. EEG and brainstem auditory evoked response potentials in adult male drug abusers with self-reported histories of aggressive behavior / D.H. Fishbein, R.I. Herning, W.B. Pickworth [et al.] // *Biol. Psychiatry.* – 1989. – V. 26, № 6. – P. 595–611.
2. Gerstle J.E. Auditory P300 and self-reported impulsive aggression / J.E. Gerstle, C.W. Mathias, M.S. Stanford // *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry.* – 1998. – V. 22, № 4. – P. 575–583.
3. Characterizing aggressive behavior / M.S. Stanford, R.J. Houston, C.W. Mathias [et al.] // *Assessment.* – 2003. – V.10, № 2. – P. 183–190.
4. Barratt E.S. Impulsive versus premeditated aggression: implications for mens rea decisions / E.S. Barratt, A.R. Felthous // *Behav. Sci. Law.* – 2003. – V. 21, № 5. – P. 619–630.
5. Павленко В.Б. Роль коры мозга и подкорковых аминергических структур в организации целенаправленного поведенческого акта : дисс. доктора биол. наук. 03.00.13 – физиол. чел. и жив. / В.Б. Павленко – Институт физиологии НАН Украины им. А.А. Богомольца, Киев, 2004. – 338 с.
6. Десинхронизация и синхронизация ЭЭГ подростков, вызванные стимулами, запускающими или запрещающими сенсомоторную реакцию. Сообщ. 2. Особенности при синдроме дефицита внимания и гиперактивности / В.А. Пономарев, О.В. Кропотова, Ю.Д. Кропотов [и др.] // *Физиол. человека.* – 2000. – Т. 26, № 3. – С. 5–12.
7. McDonald J. An event-related brain potential study of inhibition of return / J. McDonald, L. Ward, K. Kiehl // *Perception & Psychophysics.* – 1999. – V. 61, № 7. – P. 1411–1423
8. Кануников И.Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности. Психофизиологическая значимость и нейрогенез CNV / И.Е. Кануников // *Физиология человека.* – 1980. – Т. 6, № 3. – С. 520–530.
9. Шагас Ч. Вызванные потенциалы в норме и патологии / Шагас Ч. – М.: Мир, 1975. – 314 с.
10. Boudarene M. Stress, anxiety and event related potentials / M. Boudarene, M. Timsit-Berthier // *Encephale.* – 1997. – V. 23, № 4. – P. 237–250.
11. Суворов Н.Ф. Психофизиологические механизмы избирательного внимания / Н.Ф. Суворов, О.П. Таиров – Л.: Наука, 1985. – 287 с.

12. Polich J. P300 in clinical applications: meaning, method and measurement / J. Polich // Amer. J. EEG technol. – 1991. – V. 31, № 3 – P. 201–231.

Чорний С.В. Відображення агресивності в патерні викликаних ЕЕГ-потенціалів / С.В. Чорний, С.А. Махін, Г.О. Макаричева, А.А. Гребенюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 216-221.

Досліджувалися особливості відображення агресивності як риси особистості людини у компонентах викликаних і пов'язаних із подією ЕЕГ-потенціалів. Було показано, що високий рівень агресивності пов'язан із слабким реагуванням на зміну екстрацептивної інформації, з посиленням когнітивного компонента обробки інформації й компонентів, пов'язаних із орієнтувальною реакцією, що відображається у специфіці компонентів викликаних і пов'язаних із подією ЕЕГ-потенціалів.

Ключові слова: агресивність, викликані ЕЕГ-потенціали, пов'язані з подією ЕЕГ-потенціали.

Chernyi S.V. Patterns of event-related EEG-potentials as markers of aggressiveness in humans / S.V. Chernyi, S.A. Makhin, A.A. Makaricheva, A.A. Grebenyuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series : Biology. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 216-221.

There were studied the patterns of evoked and event-related EEG-potentials as the markers of aggressiveness in humans. The high level of aggressiveness was found to be connected with the weak reaction to changes in extraceptive information, with increased cognitive component of information processing and increased components showing up the orientation response.

Keywords: aggressiveness, evoked EEG-potentials, event-related EEG-potentials.

Поступила в редакцію 10.12.2010 г.

УДК 591.571:612.176+159.943.75

**ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ
МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО И ОСТРОГО
СТРЕССА (ЧАСТЬ II)**

Чуян Е.Н., Горная О.И.

*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: elena-chuyan@rambler.ru*

Исследованы изменения поведенческих реакций животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях изолированного действия хронического гипокинетического и острого болевого стресс-факторов, а также их комбинации.

Установлено, что профиль моторной асимметрии может служить критерием их чувствительности к стрессорным воздействиям.

Ключевые слова: индивидуальная чувствительность, моторная асимметрия, поведенческие реакции, эмоциональные реакции, двигательная активность.

**Изменение поведенческих реакций у животных с разным профилем
моторной асимметрии в условиях болевого стресса**

Как показали результаты второй серии исследования, в ответ на инъекцию формалина у крыс развивалась бурная двухфазная реакция лизания пораженной конечности, что согласуется с данными других авторов [1, 2]. При этом изменения продолжительности поведенческих реакций у животных под влиянием острого болевого стресса также зависели от их индивидуально-типологических особенностей моторной асимметрии (табл. 1).

Так, у крыс с правосторонней моторной асимметрией введение формалина вызвало бурную болевую реакцию лизания конечности общей продолжительностью $1022,00 \pm 11,16$ с (первая острая фаза – $147,75 \pm 6,54$ с; вторая тоническая – $874,25 \pm 17,23$ с). У крыс с невыраженной моторной асимметрией продолжительности болевой поведенческой реакции (на 15,26 %; $p < 0,05$) и пассивного поведения (на 20,60 %; $p < 0,001$) были достоверно меньше на фоне увеличения длительности двигательной активности (реакции бега – на 9,45 % ($p > 0,05$), груминга – на 9,32 % ($p > 0,05$), приема пищи – на 238,71 % ($p < 0,001$) по сравнению со значениями этих показателей у крыс – «правшей» (рис. 1). У животных с преобладающей левосторонней моторной асимметрией продолжительность болевой реакции увеличивалась (на 4,69 %; $p < 0,05$). При этом длительность двигательной активности была меньше на 75,25 % ($p < 0,001$), а пассивного поведения, напротив, больше на 16,10 % ($p < 0,05$) относительно

значений у животных - «правшей» (рис. 1). Уменьшение двигательной активности у животных этой фенотипической группы под влиянием болевого фактора свидетельствует о развитии торможения в ЦНС и эмоциональной реакции страха.

Таблица 1
Общая продолжительность (с) болевой и неболевой поведенческих феноменов у крыс с разным профилем моторной асимметрии при действии болевого стресса ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатели	Экспериментальные группы животных		
	«амбидекстры» (n=10)	«правши» (n=10)	«левши» (n=10)
	1	2	3
Болевая реакция			
Общая прод-ть:	886,67±7,75	1022,00±11,16 $p_{1,2}<0,05$	1059,75±9,88 $p_{1,3}<0,001$ $p_{2,3}<0,05$
1 фаза	175,67±5,81	147,75±6,54 $p_{1,2}<0,05$	158,25±2,78 $p_{1,3}<0,05$
2 фаза	711,00±8,39	874,25±17,23 $p_{1,2}<0,001$	901,50±9,56 $p_{1,3}<0,001$ $p_{2,3}<0,001$
Неболевые поведенческие проявления			
Бег	173,67±19,43	191,80±22,43 $p_{1,3}<0,001$	30,30±5,84 $p_{1,3}<0,001$ $p_{2,3}<0,001$
Груминг	68,00±15,87	62,20±5,36 $p_{1,3}<0,01$	9,33±4,81 $p_{1,3}<0,001$ $p_{2,3}<0,001$
Прием пищи	818,33±79,24	241,60±11,16 $p_{1,2}<0,001$	83,02±12,82 $p_{1,3}<0,001$ $p_{2,3}<0,001$
Сон	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Покой	1653,33±49,54	2082,40±21,37 $p_{1,2}<0,01$	2417,60±46,95 $p_{1,3}<0,05$ $p_{2,3}<0,01$

Примечание: p_{1-3} – достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с данными групп, обозначенными в Таблице 1–3.

Полученные данные об индивидуальной чувствительности крыс к болевому воздействию согласуются с результатами других авторов, в которых показано, что болевая чувствительность животных связана с их моторной асимметрией [3],

уровнем тревожности [4], генотипом [5]. Однако наши результаты дополняют имеющиеся литературные данные сведениями о том, что наиболее чувствительными к болевому стрессу оказались крысы с левосторонней моторной латерализацией, т.е. доминирующим правым полушарием мозга, а наименее – с доминирующим левым полушарием («правши») и с невыраженной функциональной асимметрией («амбидекстры»).

Из литературных источников известно, что у белых крыс в осуществлении пространственно-моторной реакции ведущую роль играет левое полушарие мозга, а правое менее приспособлено к восприятию и переработке пространственной информации, что свидетельствует о ведущей роли левого полушария в организации поведенческих реакций при различных, в том числе, стрессорных воздействиях [3, 6].

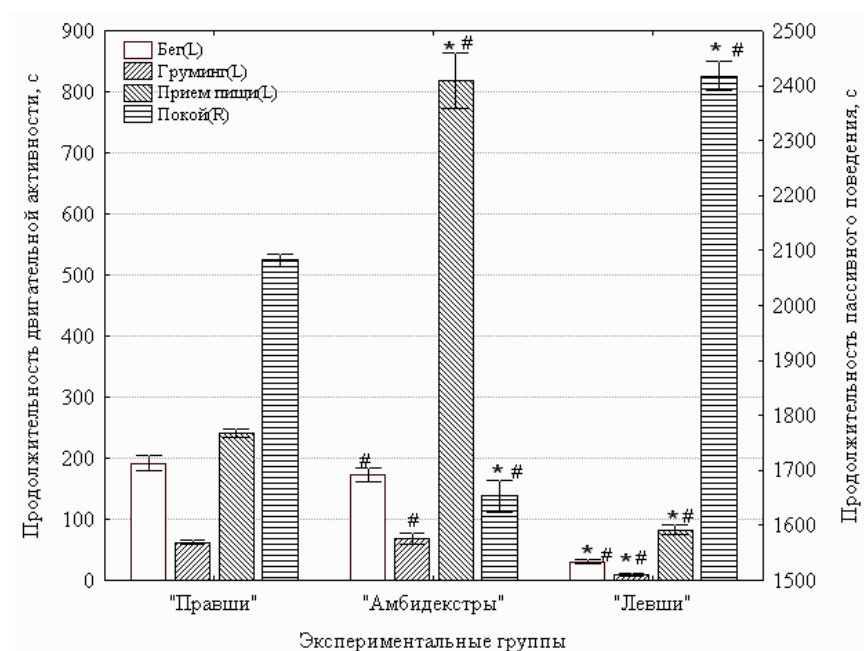


Рис. 1. Общая продолжительность (с) двигательной активности (бег, груминг, прием пищи) и пассивного поведения (покой) у крыс с разным профилем моторной асимметрии при действии болевого стресса.

Примечание: * – достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с животными с правосторонней моторной латерализацией («правши»);

- достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении с животными с невыраженной функциональной асимметрией («амбидекстры»).

Таким образом, выявленные различия в продолжительности болевого и неболевых поведенческих феноменов в ФТ у животных разных индивидуально-типологических групп свидетельствуют о том, что, коэффициент моторной асимметрии животных может служить критерием их чувствительности к болевому стрессу.

Изменение поведенческих реакций у животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях комбинированного действия гипокинетического и болевого стрессов. Как показали результаты исследования, стресс на ограничение подвижности оказал модифицирующее действие на уровень болевой чувствительности крыс при соматической тонической боли, однако данный эффект зависел как от продолжительности ограничения подвижности, так и от индивидуально-типологических особенностей животных (рис. 2).

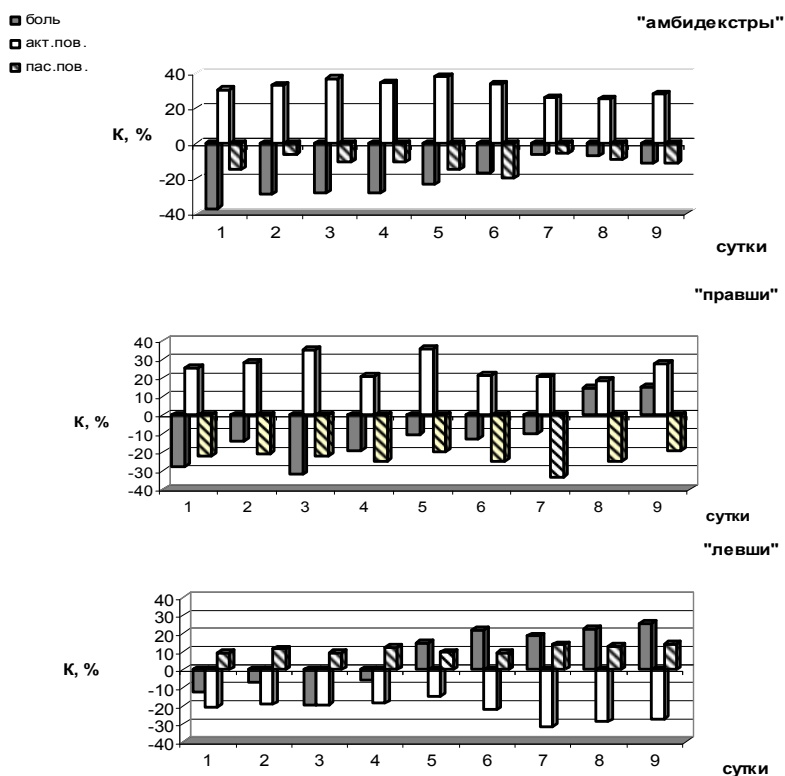


Рис. 2. Изменение коэффициента модификации (K, %) девятисуточного гипокинетического стресса на продолжительности болевой реакции (боль), активного (акт. пов.) и пассивного поведения (пас. пов.) в «формалиновом» тесте у крыс с разной моторной латерализацией: «амбидекстров», «правшей» и «левшей».

В частности, у животных – «амбидекстров» в течение всего периода ограничения подвижности (9 суток) наблюдалось снижение продолжительностей болевой реакции и пассивного поведения (затаивание, сон) на фоне повышения продолжительности активного поведения (бег, груминг, прием пищи). У крыс – «правшей» также как и у «амбидекстров» зарегистрировано снижение продолжительности пассивного поведения на фоне роста продолжительности активного, однако продолжительность

болевой реакции снижалась в течение первых семи суток ограничения подвижности животных, а на 8 – 9 –е сутки ГК – повышалась.

У крыс - «левой» изменение длительности изученных поведенческих феноменов происходило по другому: продолжительность болевой реакции снижалась только в течение первых 4-х суток ГК, в дальнейшие же сроки ограничения двигательной активности происходило ее повышение; продолжительность активного поведения, в отличие от животных других групп, снижалась на фоне увеличения длительности пассивного во все сроки ограничения подвижности.

Следовательно, острый болевой стресс на фоне хронического ГК стресса вызывал у животных этой группы увеличение общего двигательного дефицита и развитие защитной реакции «затаивания», являющейся результатом эмоциональной реакции страха, состояния общего угнетения ЦНС животного [7, 8], что также свидетельствует об увеличении болевой чувствительности животных - «левой» при ГК стрессе.

Поскольку изученные поведенческие феномены тесно взаимосвязаны между собой (увеличение продолжительности одних приводит к уменьшению длительности других), то представляет определенный интерес проследить изменение взаимосвязи этих показателей в ФТ у животных разных экспериментальных групп. Такие взаимосвязи можно установить путем применения кластерного анализа (рис. 3).

Дендрограмма кластерного анализа продолжительностей изученных поведенческих проявлений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора (ФТ), построенная путем иерархического объединения их в кластеры все более высокой общности на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, содержала 3 кластера, в которые объединялись исследованные нами показатели (первый кластер – продолжительности приема пищи и груминга, второй – бега и пассивного поведения, третий – реакций боли). Следовательно, болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих феноменов, которые образовали два других плотных кластера.

При последовательном действии девятисуточного ГК стресса и болевого фактора у животных – «амбидекстров» обнаружена существенная перегруппировка изученных показателей. При этом показатель продолжительности болевой реакции оказался объединенным в общие кластеры с неболевыми активными поведенческими проявлениями (бег, груминг, прием пищи), а продолжительность пассивного поведения (покой, сон), которая у крыс этой группы существенно снижалась, оказалась отделена в другой кластер.

На дендрограмме показателей поведенческих проявлений у животных – «правшей», подвергнутых комбинированному действию болевого фактора в ФТ и ГК стресса, также отмечалось объединение показателей болевых и неболевых поведенческих проявлений в общие кластеры (боль-бег-груминг), однако, расстояние между кластерами существенно увеличилось и наблюдалось разобщение активных и пассивных поведенческих проявлений.

Таким образом, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о том, что в модифицирующем действии ГК стресса на болевую чувствительность у крыс с невыраженной и правосторонней моторной асимметрией большое значение имеет

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ...

восстановление взаимосвязей между различными болевыми и неболевыми поведенческими проявлениями при действии болевого фактора.

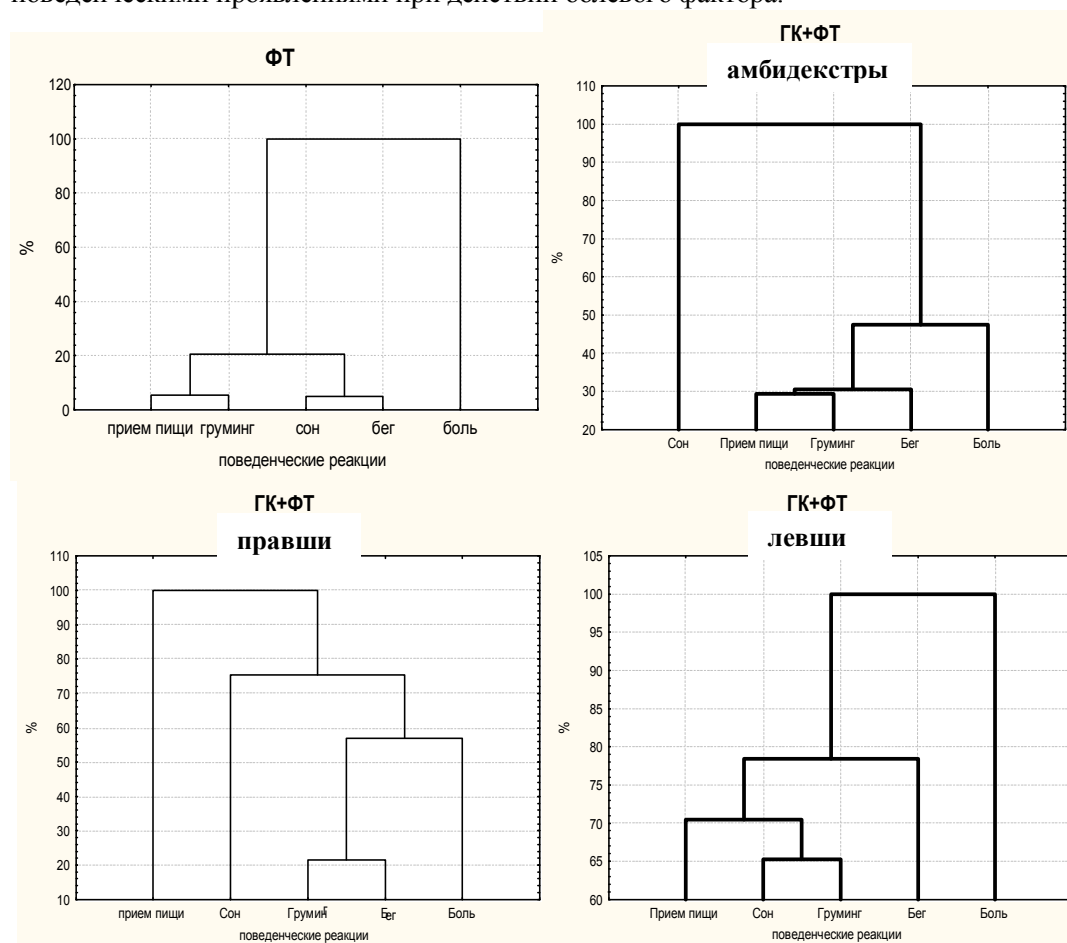


Рис. 3. Дендрогаммы кластерного анализа показателей продолжительности болевых и неболевых поведенческих реакций у крыс с разной моторной асимметрией («амбидекстров», «правшей» и «левшей»), подвергнутых изолированному (ФТ) и комбинированному с гипокинетическим стрессом (ГК+ФТ) действию болевого фактора в «формалиновом тесте» на девятые сутки ограничения подвижности.

Кластеризация изученных показателей у крыс – «левшей» на девятые сутки ограничения подвижности продемонстрировала совершенно другую картину. Болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих проявлений, а структура дендрогаммы стала в большей мере схожа с таковой у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора, однако увеличилась длина связи между неболевыми поведенческими проявлениями.

Следовательно, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о

том, что модифицирующее действие ГК стресса при действии болевого фактора у крыс с левосторонней моторной асимметрией разобщает взаимосвязи между болевыми и неболевыми поведенческими феноменами.

Таким образом, как показали результаты исследования, стресс на ограничение подвижности оказывал модифицирующее действие на уровень болевой чувствительности крыс при соматической тонической боли, однако данный эффект зависел, прежде всего, от продолжительности ограничения подвижности (в ранние сроки ГК стресса отмечалось уменьшение болевой чувствительности, а в более поздние сроки, напротив – увеличение).

Зависимость модуляции острого болевого стресса от продолжительности ограничения подвижности подтверждает данные о двухкомпонентном течении первой стадии тревоги ГК стресса [9]. Действительно, при адаптации крыс к непродолжительному ГК стрессу (первые – шестые сутки у «правшей» и «амбидекстров», первые трое суток – у «левшей») отмечено статистически значимое снижение болевой чувствительности, что указывает на повышение резистентности к болевому стрессу и развитие стресс-индуцированной аналгезии. По-видимому, это связано с развитием адаптивного поведения, которое предохраняет организм от неблагоприятных последствий первого периода ограничения подвижности и болевого стресса и свидетельствует о развитии в организме крыс перекрестной или кросс-адаптации [48]. Это означает, что адаптация к какому-либо стрессору, в частности к ГК, может не только повышать устойчивость организма к действию данного фактора, т.е. вызывать прямой защитный эффект, но и увеличивать устойчивость к действию других факторов, в данном случае к болевому.

Однако длительное ограничение подвижности привело к увеличению болевой чувствительности крыс в ФТ относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора. Возможно, это связано с тем, что семи-девятисуточное ограничение подвижности приводит к развитию первой стадии общего адаптационного синдрома, или стресс-реакции тревоги [9, 11].

Несмотря на то, что описанные изменения поведенческого репертуара были характерны для животных всех типологических групп, однако наиболее выраженные их изменения под влиянием развития стресс-реакции на ограничение подвижности, болевое воздействие и их комбинацию зарегистрированы у крыс с левосторонней моторной асимметрией, а наименее – у «правшей» и «амбидекстров». При моделировании изолированного действия как хронического гипокинетического, так и острого болевого стрессов, а также их комбинации выявлено, что у животных «амбидекстров» и «правшей», которые исходно характеризовались НДА и СДА, доминировала форма поведения, связанная с повышением возбудимости. При этом возрастание возбудимости у крыс с отсутствием выраженной моторной асимметрии выражено в большей степени, чем у крыс – «правшей». У крыс – «левшей», исходно характеризовавшихся ВДА, произошли противоположные изменения поведенческих реакций, что свидетельствует о развитии торможения. По-видимому, это связано с тем, что крысы – «левши» с лучшим развитием правосторонних корковых зон характеризуются более медленной адаптацией к стрессу по сравнению с животными

– «правшами» [12, 13]. Существуют данные и о большей эмоциональности «левой» по сравнению с «правшами», что, в свою очередь, свидетельствует об их различной чувствительности к психогенным воздействиям [13].

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о неоднозначности стресс-реакции, которая развивается на ГК, болевой стресс и их комбинацию у животных с различным ИПФА. Эти данные подтверждают мнение многих исследователей о разнообразии стресс-реакции [14, 15]. Существование многих разновидностей неспецифических адаптационных реакций связывают с их реализацией через различные звенья нервной системы, что зависит от индивидуальных свойств ЦНС.

Полученные нами данные о различной чувствительности крыс с разной моторной латерализацией к действию стресс-факторов могут быть использованы для прогнозирования устойчивости животных к стрессорным воздействиям, адаптации организма к изменяющимся условиям среды.

ВЫВОД

1. Выявленные различия в паттерне поведенческих феноменов у животных разных индивидуально-типологических групп свидетельствуют о том, что профиль моторной асимметрии может служить критерием их чувствительности к стрессорным воздействиям.
2. Крысы, имеющие разный профиль моторной асимметрии, отличаются индивидуально-типологическими особенностями поведения в тесте «открытого поля». Различие в моторной асимметрии у крыс обратно коррелирует ($r = -0,68$; $p < 0,05$) с уровнем двигательной активности животных: высоким у крыс с левосторонней, средним – с правосторонней моторными асимметриями и низким - у крыс, не имеющих выраженной моторной асимметрии.
3. Хронический гипокинетический стресс вызывает выраженные изменения поведенческих реакций животных в тесте ОП, проявления которых существенно зависят от моторной латерализации: у «амбидекстров» и «правшей» происходит компенсаторное увеличение горизонтальной и вертикальной двигательной активности и реакции дефекации; у крыс - «левой» – значительное снижение обоих компонентов двигательной активности на фоне повышения реакции дефекации, что свидетельствует о развитии различных эмоциональных реакций у животных: у «амбидекстров» и «правшей» – тревожности; у «левой» – страха.
4. Хронический гипокинетический стресс приводит к значительному изменению коэффициентов моторной асимметрии, вплоть до инверсии их знаков.
5. Изменения продолжительности поведенческих феноменов у животных под влиянием острого болевого стресса зависят от их индивидуально-типологических особенностей моторной асимметрии: наиболее чувствительными к болевому стрессу оказались крысы с левосторонней моторной латерализацией, а наименее – с правосторонней и невыраженной функциональными асимметриями.
6. Хронический стресс на ограничение подвижности оказывает модифицирующее действие на уровень болевой чувствительности крыс при острой тонической

боли, однако данный эффект зависит как от продолжительности ограничения подвижности (в ранние сроки гипокинетического стресса отмечается уменьшение болевой чувствительности, а в более поздние сроки, напротив – увеличение), так и от индивидуально-типологических особенностей животных (наиболее чувствительными к болевому стрессу являются крысы – «левши», а наименее – «правши» и «амбидекстры»).

7. При моделировании как хронического гипокинетического, так и острого болевого стрессов, а также их комбинированного действия выявлено, что у животных «амбидекстров» и «правшей» доминирует форма поведения, связанная с увеличением активного поведения, а, следовательно, повышением возбудимости. При этом возрастание возбудимости у крыс с отсутствием выраженной моторной асимметрии выражено в большей степени, чем у крыс – «правшей». У крыс – «левой» произошли противоположные изменения поведенческих реакций, которые свидетельствуют об увеличении общего двигательного дефицита, развитии торможения, защитной реакции «затаивания», являющихся результатом эмоциональной реакции страха, состояния общего угнетения ЦНС животного и проявления депрессивно-подобного состояния.

Список литературы

1. Dubuisson D. The formalin test: a quantitative study of the analgesic effects of morphine, meperidine and brainstem stimulation in rats and cats / D. Dubuisson, S.G. Dennis – 1997. – Vol. C 4. – P. 161–164.
2. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord / T. Oyama, Y. Ueda, Y. Kuraishi [et al.] // *Neuroscience Research*. – 1996. – Vol. C 25. – P. 129–135.
3. Михеев В.В. Нейрофармакологический анализ межполушарной асимметрии мозга в регуляции поведения, болевой чувствительности и анальгезии у мышей разных генетических линий / В.В. Михеев, П.Д. Шабанов // *Психофармакология и биологическая наркология*. – 2007. – Т. 7, № 3–4. – С. 2131–2145.
4. Изменение болевой чувствительности у крыс с исходно различным тревожно-фобическим уровнем в процессе развития экспериментального неврогенного болевого синдрома / Н.А. Крупина, В.П. Графова, В.С. Смирнова [и др.] // *Боль*. – 2005. – № 1. – С. 25–27.
5. Багацька О.В. Дослідження анальгезії, викликані впливом на точку акупунктури мікрохвиль низької інтенсивності, у мишей різних генотипів / О.В. Багацька, О.В. Гура // *Фізіологічний журнал* – 2004. – Т. 50, № 2. – С. 79–85.
6. Удалова Г.П. Участие правого и левого полушарий в реализации лабиринтного навыка у мышей-самцов линии BFLD/c / Г.П. Удалова // *ЖВНД*. – 1996. – Т. 46, вып. 1. – С. 84–91.
7. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Л. Сантана Вега. – Симферополь, 1991. – 21 с.
8. Хоничева Н.М. Индивидуальные особенности поведения крыс: проявления тревожности / Н.М. Хоничева, И.А. Дмитриева, А.А. Хрущинская // *ЖВНД*. – 1984. – Т. 34, № 3. – С. 537–545.
9. Михайлов А.В. Функциональная морфология нейтрофилов крови крыс в процессе адаптации к гипокинезии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / А.В. Михайлов – Симферополь, 1985. – 25 с.
10. Меерсон Ф.З. Общий механизм адаптации и роль в нем стресс-реакции, основные стадии процесса / Ф.З. Меерсон // *Физиология адаптационного процесса*. – М.: Наука, 1986. – С. 77–123.
11. Коваленко Е.А. Гипокинезия / Е.А. Коваленко, Н.Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
12. Егоров М.Ю. Функциональная асимметрия мозга и важность развития клинического направления в эволюционной физиологии / Егоров М.Ю. – СПб.: Наука, 2000. – 159 с.

13. Basal and amphetamine-induced asymmetries in striatal dopamine release and metabolism: bilateral in vivo microdialysis in normal rats / S.D. Glick, J.N. Carlson, J.L. Baird [et. al.] // Brain Res. – 1988. – Vol. 473, № 1. – P. 161–164.
14. Юматов Е.А. Прогнозирование устойчивости к эмоциональному стрессу на основе индивидуального поведения / Е.А. Юматов, О.А. Мещерякова // ЖВНД. – 1990. – Т. 40, № 3. – С. 575–579.
15. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса / К.В. Судаков, Е.А. Юматов, А.С. Ульянинский – Кишинев: Штица, 1987. – С. 52–79.

Чуян О.М. Поведінкові реакції тварин із різним профілем моторної асиметрії в умовах хронічного і гострого стресу / О.М. Чуян, О.І. Горна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 222-231.

Досліджено зміни поведінкових реакцій тварин із різним профілем моторної асиметрії в умовах ізольованої дії хронічного гіпокінетичного та гострого больового стрес-факторів, а також їх комбінації. Доведено, що профіль моторної асиметрії може бути критерієм їх чутливості до стресорних впливів.

Ключові слова: індивідуальна чутливість, моторна асиметрія, поведінкові реакції, емоційні реакції, рухова активність.

Chuyan E.N. The behavioural reactions of animals with the varied type of motor asymmetry under the circumstances of chronic and pain stresses / E.N. Chuyan, O.I. Gornaya // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series : Biology. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 222-231.

The changes of animals with the varied type of motor asymmetry behavioural reactions under the circumstances of chronic hypokinetic and sharp pain stress-factors isolated influence and their combination are studied.

It is shown that the type of motor asymmetry can serve the criterion of their sensitiveness to the stress influences.

Keywords: individual sensibility, motor activity, behavioral reactions, emotional reactions, motor activity.

Поступила в редакцію 11.11.2010 г.

УДК 612.825

**КОЭФФИЦИЕНТ ФРАКТАЛЬНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫЙ МЕТОДОМ
ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ АЛКОГОЛЬСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Шинкаревский П.В.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: petr-agu@mail.ru*

Рассматриваются возможности определения воздействия малых доз алкогольсодержащих веществ на организм человека с помощью коэффициента фрактальности по физиологической составляющей биоэлектрографических исследований. Предлагается учитывать фоновые значения фрактального коэффициента для определения направленности воздействия малых доз алкогольсодержащих веществ на функциональное состояние систем целостного организма.

Ключевые слова: фрактальный коэффициент, биоэлектрографические показатели, алкоголь, динамика, процент прироста.

ВВЕДЕНИЕ

При исследовании физиологических показателей целостного организма с помощью нелинейных систем указывается на то, что хаотические процессы являются отражением нормального стремления живых организмов к приспособлению в окружающей среде. Предполагается, что динамика здоровой физиологической системы, по-видимому, приводит к формированию неупорядоченных и сложных паттернов изменчивости, а болезнь и процессы старения являются более упорядоченными и менее сложными [1]. Установлено, что как у животных, так и у людей снижение сложности колебаний сердечного ритма является предвестником летальных сердечных аритмий [2, 3]. На основе анализа нелинейных процессов созданы методики оценки успешности операторской деятельности и установлены их связи с гелиогеомагнитными флуктуациями [4-6].

Целью нашей работы явилось исследование динамики биоэлектрографических показателей фрактальности, отражающих физиологический статус испытуемых при употреблении малых доз алкогольсодержащих веществ, в данном случае экспериментального бальзама на основе лекарственных растений, этилового спирта и дистиллированной воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения экспериментальных данных использовался программно-аппаратный комплекс газоразрядной визуализации (ГРВ), который позволяет фиксировать свечение ионизированного газа вокруг биологических и неорганических объектов по методу Кирлиан, разработанный под руководством К.Г. Короткова [7].

В биоэлектрографии принято, что для разделения информации о физиологическом и психическом состоянии испытуемых необходимы режимы съемки с применением фильтров из органических плёнок и без них, соответственно [8]. При этом, отмечают, что уже через 15-20 мин восстанавливаются эмиссионные характеристики поверхности кожи человека, благодаря чему можно оценить динамику психофизиологического состояния человека при различных воздействиях.

В эксперименте принимали участие 27 испытуемых, в возрасте от 18 до 35 лет обоего пола. Эксперименты проводились в хорошо проветриваемом помещении с нормальным освещением. Перед проведением регистрации ГРВ-грамм участникам эксперимента сообщали, что данная процедура абсолютно безвредна, объясняли принцип метода, давали время успокоиться и расслабиться.

Схема эксперимента:

- 1) психологическое тестирование;
- 2) регистрация ГРВ-грамм пальцев рук;
- 3) прием бальзама (экспериментальная серия) или воды (контроль)
- 4) перерыв 20 минут;
- 5) регистрация ГРВ-грамм пальцев рук;
- 6) психологическое тестирование.

С помощью психологического тестирования оценивали показатели текущего самочувствия, активности и настроения (тест САН), а также значения амбивалентности выбора и уровня тревожности испытуемых (тест Люшера). Психологическое тестирование применялось как для изучения взаимосвязи психологического состояния с динамикой изменения ГРВ-характеристик, так и в качестве отвлекающей методики, позволяющей максимально стабилизировать состояние испытуемых.

В данном случае в качестве алкогольсодержащего вещества применялся экспериментальный бальзам № 3, разработанный научными сотрудниками Никитского ботанического сада и включающий экстракты из смеси следующих растений: Роза, Шалфей мускатный, Тысячелистник, Чабрец обыкновенный, Мелисса, Мята перечная, Котовник лимонный, Розмарин, ягоды Можжевельника обыкновенного, и др.). Испытуемым предлагали выпить 1 мл бальзама, разведенного дистиллированной водой 1/20 (общий объем жидкости 21 мл). В контрольной серии исследований этим же испытуемым предлагали 21 мл дистиллированной воды.

Регистрацию биоэлектрографических показателей пальцев рук производили с помощью программноаппаратного комплекса для исследования газоразрядного свечения „Корона-ТВ” производства научно-исследовательского института „РАСТР” (г. Великий Новгород) с применением пленочного полиэтиленового фильтра (толщиной 0,05 мм).

Аналізу подвергали фрактальную размерность (Fractal dimension); – фрактальный коэффициент. Данный показатель отражает изрезанность наружного контура ГРВ-

граммы, мало чувствителен к изменению формы свечения, измеряется в относительных единицах

Обработка полученных данных производилась с помощью пакета программ, предоставленных производителем. Обработка статистических данных производилась с помощью пакета программ „Statistica 6.0”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время выделяют три основные группы ГРВ-грамм, ранжированные от оптимального крайне негативного психофизиологического состояния. Данная классификация предложена К.Г. Коротковым [7]. Они основаны на принципах Баесовской классификации данных с использованием вычисляемых в ГРВ программах параметров и анализе фрактальной динамики геометрических и яркостных контуров изображений, и описывают физическое здоровье, психическую и эмоциональную устойчивость человека. Полученные нами ГРВ-граммы относились к первому и второму типу по классификации К.Г.Короткова и отражали удовлетворительный психофизиологический статус испытуемых.

По данным площади засветки [9], при корреляционном анализе связи показателей психологического тестирования с показателями ГРВ до принятия малых доз алкогольсодержащих веществ обнаружена значимая отрицательная зависимость площади засветки и амбивалентности цветового выбора. В тоже время, после принятия малых доз алкогольсодержащих веществ, в данном случае бальзама, взаимосвязь не выявляется. Указанный факт свидетельствует о стабилизации психофизиологического состояния участников исследования под влиянием приема малых доз алкогольсодержащих веществ, что приводит к относительной независимости физических и психофизиологических параметров организма.

Сравнение биоэлектрографических параметров фрактальности до и после приёма воды не выявил достоверных изменений в диапазонах 1L, 2L, 3L, 4L, 5L (первый – пятый пальцы левой руки); 1R, 2R, 3R, 4R, 5R (первый – пятый пальцы правой руки) (рис. 1).

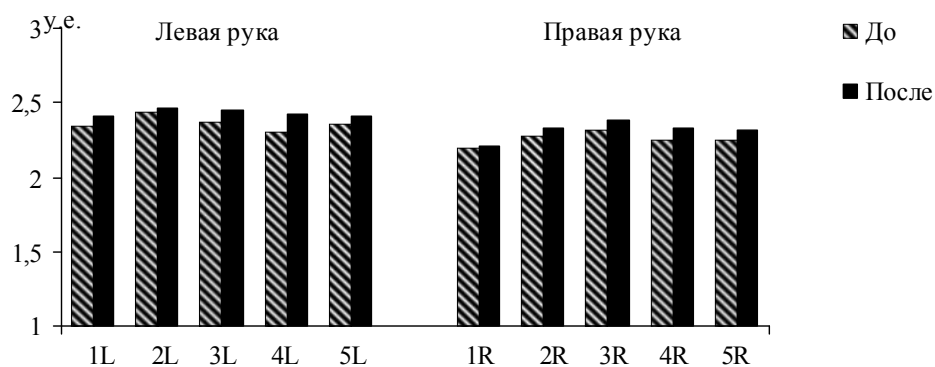


Рис. 1. Динамика биоэлектрографических показателей фрактальности до и после употребления воды (белые столбики – до, чёрные столбики – после 20 мин. после употребления внутрь воды). Остальные пояснения в тексте.

Анализ показателей фрактальности при приёме малых доз алкогольсодержащих веществ обнаружил те же тенденции, что и при употреблении воды в диапазонах пальцев левой руки (1L – 5L) и правой (1R – 5R), то есть достоверных изменений фрактального коэффициента по отношению к исходному уровню не выявлено (рис. 2).

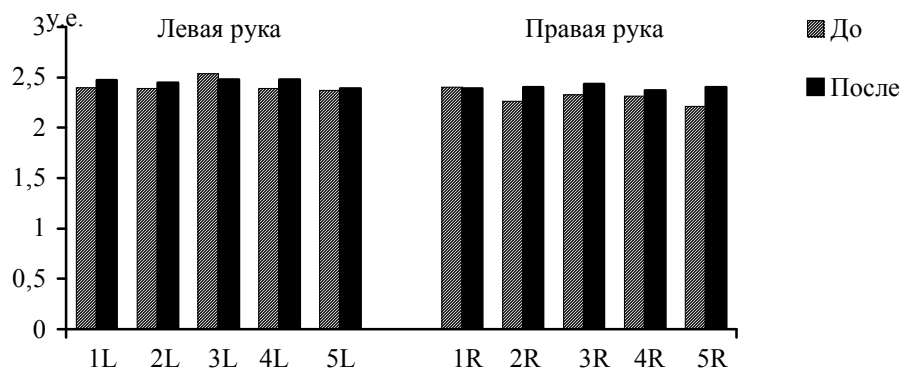


Рис. 2. Динамика биоэлектрографических показателей фрактальности до и после употребления алкогольсодержащих веществ.

Однако если принять во внимание тот факт, что для здоровой биологической системы характерно изменение фрактальности [1], то полученные нами данные могут свидетельствовать о том, что ни малые дозы алкогольсодержащих веществ, ни малые дозы воды не являются положительным фактором. По-видимому, первоначальное состояние организма определяет его реакцию на указанные факты, поэтому мы провели сравнение процентов прироста биоэлектрографических показателей фрактального коэффициента во время приёма воды и во время приёма алкогольсодержащих веществ. Полученные результаты приведены на Рисунке 3.

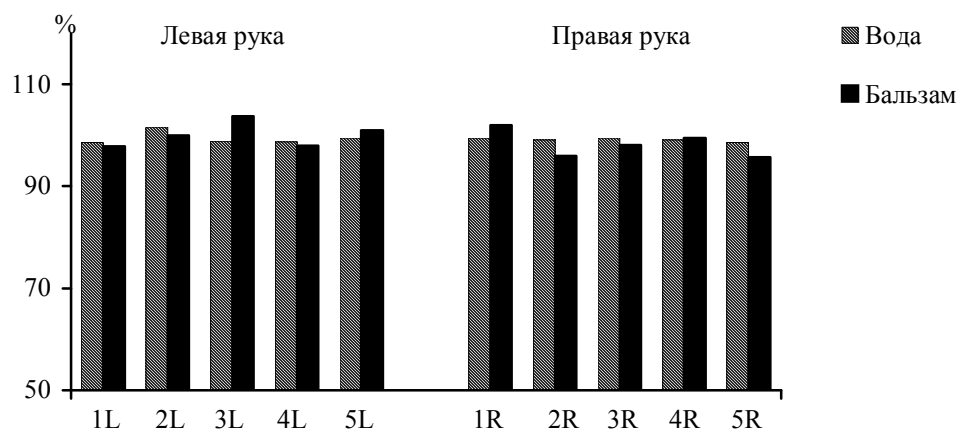


Рис. 3. Сравнение процента прироста биоэлектрографических показателей фрактальности при употреблении воды и малых доз алкоголя, в общем, по группе.

В результате исследования процента прироста фрактального коэффициента при общегрупповом сравнении достоверных различий между приёмом воды и алкоголя не обнаружено, хотя имеются тенденции к достоверности в диапазоне 4L. Интересно сравнение графических результатов гистограмм. Обратите внимание на строгую направленность изменения показателей фрактальности и при употреблении воды, и при употреблении алкоголя (рис. 1, 2). В обоих случаях наблюдается увеличение показателей и в диапазонах пальцев левой руки 1L – 5L, и в диапазонах пальцев правой руки 1R – 5R, тогда как гистограмма процента прироста (рис. 3) указывает на разнонаправленную динамику показателей. В диапазонах 1L, 2L, 4L левой руки и в 2R, 3R, 5R правой руки мы наблюдаем уменьшение показателя, тогда как в диапазонах 3L, 5L, 1R и 5R наоборот увеличение. Это указывает на неоднородность направленности реакций организма на воздействие алкоголя связанную с изначальным фоновым состоянием. Поэтому мы провели ещё один анализ, разделив испытуемых на тех, у кого показатели фрактальности в фоновых значениях более чем по пяти пальцам превышали сто и более процентов и во вторую группу вошли те, у кого меньше ста процентов.

Анализ показателей процента прироста фрактальности в группе с большим приростом обнаружил достоверные изменения в диапазоне 1L ($p < 0,03$) левой руки при употреблении бальзама по сравнению с периодом употребления воды (рис. 4). Но при этом имеются тенденции к уменьшению показателей и во всех остальных диапазонах, за исключением 1R пальца. В данном случае алкогольсодержащее вещество стимулирует все системы организма к торможению.

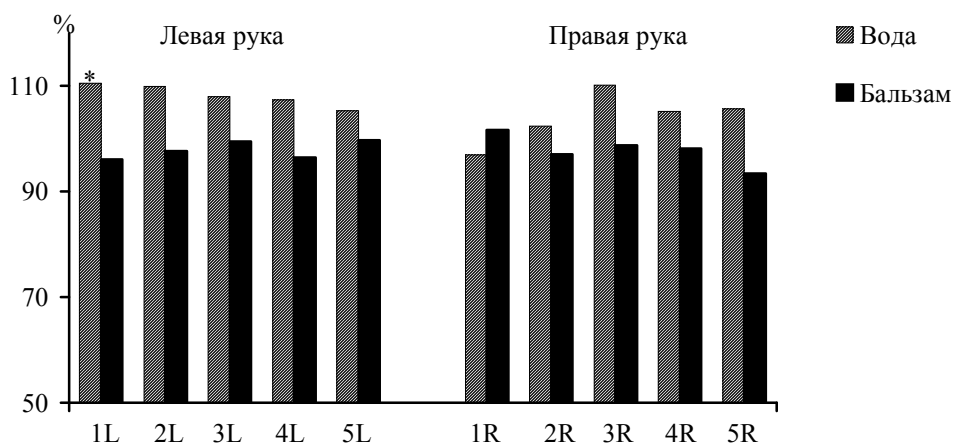


Рис. 4. Сравнение процента прироста биоэлектрографических показателей фрактальности при употреблении воды и малых доз алкоголя в группе с приростом более ста процентов.

Противоположные тенденции наблюдаются в группе с меньшим приростом, визуальный анализ гистограммы полученных результатов позволяет говорить о том, что для испытуемых данной группы малые дозы алкогольсодержащих веществ являются стимулятором для меридианов всех органов и систем (рис. 5). Достоверные результаты получены в диапазонах 1L ($p < 0,02$) и 3L ($p < 0,002$) пальцев левой руки.

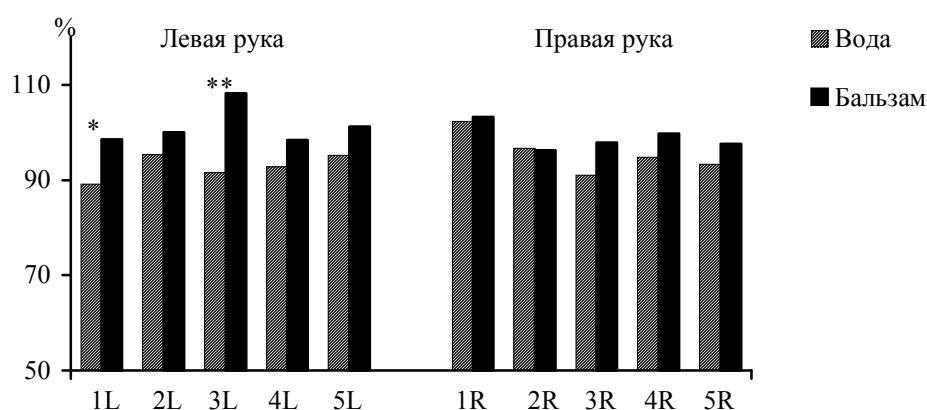


Рис. 5. Сравнение процента прироста биоэлектрографических показателей фрактальности при употреблении воды и малых доз алкоголя в группе с приростом меньше ста процентов. Примечание: *– $p < 0,05$; **– $p < 0,005$

Исходя из данных литературы [7], полученные результаты при разделении по фоновым значениям позволяют заключить, что изменения в диапазонах меридианов большого и среднего пальцев соответствуют зонам головы, большую площадь занимают церебральная зона, зона горла, шеи и щитовидной железы.

ВЫВОДЫ

1. По биоэлектрографическим данным физиологической составляющей фрактального коэффициента, употребление малых доз алкогольсодержащих веществ способствует активации зон коронарных сосудов, обонятельных рецепторов, а также активации поперечно-ободочной зоны желудочно-кишечного тракта, что является положительным эффектом данного вида активации.
2. Фоновые значения биоэлектрографических показателей фрактальности по физиологической составляющей могут являться показателями для определения направленности воздействия препаратов с малым содержанием алкогольсодержащих веществ.

Автор выражает благодарность Стефану-Арпаду Мадяру за предоставленный программноаппаратный комплекс «Корона-ТВ»; А.К. Полонской, старшему научному сотруднику Национальный научный центр – Никитский ботанический сад, кандидату биологических наук, за предоставленный образец бальзама; студентам биологического факультета ТНУ им. Вернадского участвовавшим в эксперименте: сотрудникам лаборатории нейроэтологии ТНУ им. В.И. Вернадского и дипломникам Е.А. Бирюковой и Е.В. Фильчаковой за помощь в проведении экспериментов.

Список литературы

1. Goldberger A.L. Chaos in physiology / A.L. Goldberger, B. West // In: Chaos in Biological Systems. – New York: Plenum. – 1987. – P. 1–5.
2. Skinner J.E. Neurucardiology: brain mechanisms underlying fatal cardiac arrhythmias / J.E. Skinner // Neurol. Clin. – 1993. – № 11. – P. 325–351.
3. Skinner J.E. Reduction in the correlation dimension of heartbeat intervals precedes imminent ventricular fibrillation in human subjects / J.E. Skinner, C.M. Pratt, T. Vybiral // Am. Heart J. – 1993. – № 125. – P. 731–743
4. Анализ прогностических свойств ЭЭГ человека при выполнении операторской деятельности / И.М. Доровлев, В.Г. Сидякин, А.В. Сухинин [и др.] // Ученые записки СГУ. – 1997. – Вып.4. – С. 147–155.
5. Сухинин А.В. Динамика линейных и не линейных параметров ЭЭГ человека при субъективной оценке времени : дисс. ... кандидата биол. Наук / Сухинин А.В. – Симферополь, 1997. – 142 с.
6. Влияние гелиогеомагнитных флюктуаций на динамику линейных и нелинейных параметров ЭЭГ человека при субъективной оценке времени / В. Сидякин, А. Сташков, Н. Янова [и др.] // Здоровье: сущность, диагностика и оздоровительные стратегии. – Криница Горска, Польша, 1999. – С. 52–54.
7. Коротков К.Г. Основы биоэлектрографии / Коротков К.Г. – СПб., 2001. – 255 с.
8. Шадури М.И. О применении биоэнергографии в медицине / М.И. Шадури, Г.К. Чичинадзе // Georgian Engineering News. – 1999. – N 2 (10). – P. 109–112.
9. Исследование влияния малых доз бальзама на физиологический статус человека с помощью газоразрядной визуализации / П.В. Шинкаревский, В.Б. Павленко, А.К. Полонская [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. – 19 (58), № 2. – С. 73–77.

Шинкаревський П.В. Коефіцієнт фрактальності, отриманий методом газорозрядної візуалізації, як показник визначення функціонального стану організму людини при впливах малих доз речовин, що містять алкоголь / П.В. Шинкаревський // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 232-238.

Розглядаються можливості визначення впливу малих доз речовин що містять алкоголь на організм людини за допомогою коефіцієнта фрактальності по фізіологічній складовій біоелектрографічних досліджень. Пропонується враховувати фонові значення фрактального коефіцієнта для визначення спрямованості дії малих доз речовин що містять алкоголь на функціональний стан систем цілісного організму.

Ключові слова: коефіцієнт фрактальності, біоелектрографічні показники, алкоголь, динаміка, відсоток приросту.

Shinkarevsky P.V. Fractal coefficient on the physiological constituent of bioelectrographic for determination of orientation of influence of small doses of alcohol matters on the functional state of the systems of integral organism / P.V. Shinkarevsky // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 232-238.

Some possibilities of determination the influence of small doses of matters containing alcohol on human body by the fractal coefficient on the physiological constituent of bioelectrographic researches are considered in the article. It is suggested to take into account the base-line values of fractal coefficient for determination of orientation of influence of small doses of alcohol matters on the functional state of the systems of integral organism.

Keywords: fractal coefficient, bioelectrographic indexes, alcohol, dynamics, increment percentage.

Поступила в редакцію 26.11.2010 г.

УДК 582.736.3: 546.23

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СЕЛЕНА КАЛЛУСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ *ASTRAGALUS DASIANTHUS* (PALL.)

Юркова И.Н., Тайкова В.П., Бугара И.А., Теплицкая Л.М.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nanosilver@rambler.ru*

Исследованы закономерности накопления селена каллусными культурами *Astragalus dasyanthus* в зависимости от концентрации селена в питательной среде. Показано, что при ступенчатом увеличении концентрации селена в питательной среде значительно повышается степень концентрирования селена и ростовая активность. Максимальное содержание селена в каллусной биомассе увеличилось в 74 раза по сравнению с контролем.

Ключевые слова: каллусные культуры, *Astragalus dasyanthus*, селен, концентрирование.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время у исследователей резко повысился интерес к селену – микроэлементу, необходимому для жизнедеятельности организма. Спектр действия селена в организме широк. Он выполняет каталитическую, структурную и регуляторную функции, взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами [1], участвует в окислительно-восстановительных процессах, обмене жиров, белков и углеводов [2]. Миграция селена осуществляется по цепочке: почва – вода – пищевые продукты – человек.

Основными путями поступления селена в организм являются продукты животного и растительного происхождения, к которым относятся растения-концентраторы селена, в зависимости от его содержания в почве накапливающие до 15 г Se/кг а.с.в. [3]. Самая высокая биодоступность селена в составе различных растительных источников.

Однако во многих регионах, в том числе в Украине, в почвах сельскохозяйственного назначения фиксируется дефицит селена [4]. Этот дефицит увеличивается по мере внесения в почву серосодержащих удобрений. С целью получения органических форм селена разработаны технологии обогащения биомассы микроводорослей (спирулины) и дрожжей селеном. Однако для этих микроорганизмов селен в больших концентрациях является токсикантом, угнетающим рост биомассы [5, 6]. Кроме того, значительная часть селена накапливается микроорганизмами в процессе физической адсорбции селенидов полисахаридами клеточной стенки [7].

Из растений-концентраторов селена первое место занимают виды рода *Astragalus*, к которому относится *Astragalus dasiantus* Pall., внесенный в государственную Фармакопею как официальное лекарственное растение [8].

Экологически чистые ареалы произрастания астрагала шерстистоцветкового расположены в заповедных территориях Забайкалья. На фармацевтическом рынке присутствуют только препараты российского и американского производства (Фитоселен, драже Селеновый дар и др.), полученные на основе экстракции из дикорастущего астрагала селеносодержащих органических форм. Однако в Украине этот вид находится под угрозой уничтожения и занесен в Красную книгу Украины [9]. В связи с этим актуальным является получение клеточной биомассы астрагала в качестве источника биологически доступных форм органического селена.

Целью настоящей работы было исследование закономерностей концентрирования селена длительно пассируемыми каллусными культурами астрагала шерстистоцветкового.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили калусные культуры астрагала шерстистоцветкового *Astragalus dasyanthus* Pall. III-IV пассажа. При выполнении работы использовали методы, общепринятые в исследованиях по культуре изолированных тканей растений [10]. Каллусные культуры IV пассажа выращивали в течение 13 недель на модифицированной агаризованной питательной среде Мурасиге и Скуга, дополненной фитогормонами (2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой – 2,0 мг/дм³, 6-бензиламинопурин – 0,5 мг/дм³, кинетином – 0,5 мг/дм³ [11,12]) и селеном. Наименее токсичной и наиболее предпочитаемой растениями и микроорганизмами формой селена являются селениты щелочных металлов (IV) [13]. Поэтому источником селена в питательных средах служил селенит натрия (Na₂SeO₃) «ч.д.а.» в концентрациях 5-20 мг Se/дм³. Схема эксперимента приведена на Рис. 1.

В первой серии каллусные культуры III пассажа пассировали на питательную среду, содержащую селен в тех же концентрациях, что и в III пассаже: контроль (без селена), 5, 10 и 15 мг Se/дм³; во второй – использован метод последовательного повышения устойчивости от низких концентраций токсичных веществ до более высоких. В этой серии каллусные культуры астрагала пассировали на питательную среду, содержащую на 5 мг Se/дм³ больше, чем в предыдущем пассаже: 5 мг Se/дм³ => 10 мг Se/дм³, 10 мг Se/ дм³ => 15 мг Se/дм³, 15 мг Se/дм³ => 20 мг Se/дм³.

Каллус культивировали в условиях термостатируемого помещения (25 °С) при относительной влажности воздуха 65-70 %, освещенности 2-3 тыс. люкс и 16-часовом фотопериоде [14].

Ростовой индекс определяли морфометрическим методом по отношению среднего объема полученного каллуса к объему транспланта на 1-ю, 4-ю, 7-ю, 10-ю и 13-ю недели культивирования.

Содержание селена в каллусной биомассе, высушенной до абсолютно сухого веса (а.с.в.), определяли в конце эксперимента (13-я неделя культивирования) на атомно-абсорбционном спектрометре фирмы Perkin-Ermler.

Полученные данные обработаны статистически с использованием стандартного пакета статистики в Microsoft Office.

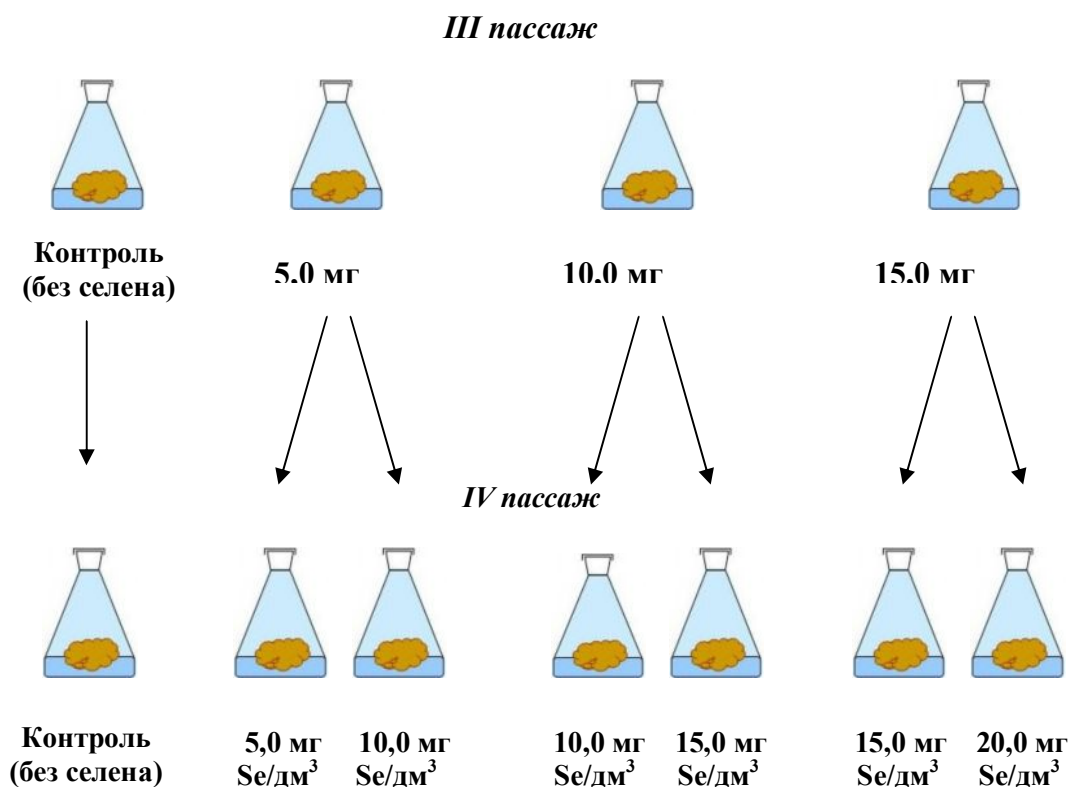


Рис. 1. Схема исследования влияния условий внесения селена в питательную среду на ростовые характеристики и концентрирование селена каллусными культурами астрагала шерстистоцветкового.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование закономерностей роста каллусных культур астрагала шерстистоцветкового в зависимости от условий внесения в питательную среду селена показало, что при пассировании каллуса на питательные среды с постоянной концентрацией селена снижение ростового индекса наблюдалось только при концентрации селена 15,0 мг/дм³ (рис. 2, крива 4) до 10-й недели культивирования. К 13-й недели значение ростового индекса в варианте 15,0 мг Se/дм³ превысило контрольное (рис. 2, кривые 1 и 4).

Максимальный прирост биомассы отмечался во второй серии при ступенчатом увеличении концентрации селена с 10,0 до 15,0 мг/дм³ (рис. 2, кривая 6).

Как видно из приведенных результатов, устойчивость каллусных культур астрагала шерстистоцветкового к высоким концентрациям селена (15,0 – 20,0 мг/дм³) резко повышалась начиная с 7-й недели культивирования (рис. 2, кривые 3-6).

Тормозящее воздействие селена на рост наблюдалось лишь при пассировании каллуса на среду, содержащую 20,0 мг Se/дм³, к концу 13-й недели эксперимента (рис. 2, кривая 7).

Закономерности, полученные при исследовании влияния условий внесения селена в питательные среды, хорошо согласуются с результатами концентрирования селена каллусной биомассой астрагала шерстистоцветкового (рис. 3).

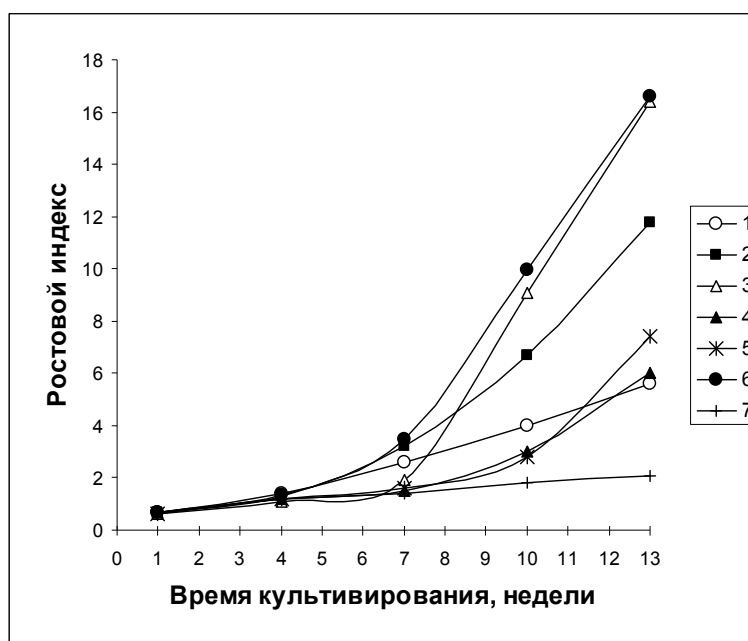


Рис. 2. Динамика роста каллусных культур астрагала шерстистоцветкового в зависимости от условий внесения селена в питательную среду:

1 – контроль (без Se); 2 – 5,0 мг Se/дм³; 3 – 10,0 мг Se/дм³; 4 – 15,0 мг Se/дм³; 5 – 10,0 мг Se/дм³ (в предыдущем пассаже – 5,0 мг Se/дм³); 6 – 15,0 мг Se/дм³ (в предыдущем пассаже – 10,0 мг Se/дм³); 7 – 20 мг Se/дм³ (в предыдущем пассаже – 15,0 мг Se/дм³).

Как видно из приведенных на Рис. 3 данных, увеличение концентрации селена в питательной среде приводило к увеличению концентрирования селена каллусной биомассой как в первой, так и во второй сериях. Однако при ступенчатом увеличении концентрации селена этот эффект был наиболее выражен, особенно в варианте 20 мг Se/дм³. В этом случае содержание селена в биомассе каллуса увеличилась в 74 раза по сравнению с контролем (небольшое количество селена в контроле объясняется его присутствием в качестве примесей в солях, используемых для приготовления питательной среды). Накопление селена в каллусных культурах при его концентрации в питательной среде 15-20 мг Se/дм³ достигало 321,7-348,3 мг Se/кг а.с.в., что значительно выше концентрирования селена микроводорослью *Spirulina platensis* и хлебопекарными дрожжами [5, 6].

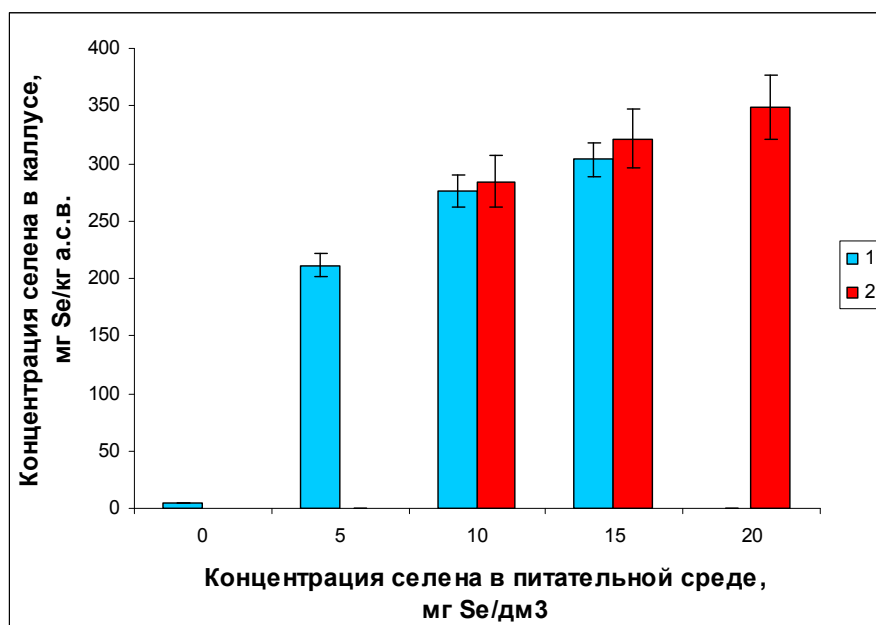


Рис. 3. Концентрирование селена каллусными культурами астрагала шерстистоцветкового в зависимости от условий внесения селена в питательную среду: 1 – каллусные культуры, пассированные на питательную среду, содержащую селен в тех же концентрациях, что и в предыдущем пассаже;

2 – каллусные культуры, пассированные на питательную среду, содержащую на 5 мг Se/дм³ больше, чем в предыдущем пассаже (5 мг Se/дм³ => 10 мг Se/дм³, 10 мг Se/дм³ => 15 мг Se/дм³, 15 мг Se/дм³ => 20 мг Se/дм³).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований показано, что каллусные культуры астрагала шерстистоцветкового способны многократно концентрировать селен из питательной среды, содержащей до 20,0 мг Se/дм³ (IV), при одновременном повышении ростовой активности.

Список литературы

1. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / [Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др]. – М., 1991. – 258 с.
2. Ермаков В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.А. Ковальский. – М., 1974. – 189 с.
3. Давидова О.Є. Фізіолого-біохімічні та стреспротекторні функції селену в рослинах / О.Є Давидова., В.А Вещицкий, П.П. Яворівський // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т.41, № 2. – С. 109–122.
4. Серегина И.И. Биологическая роль селена в растениях / И.И. Серегина, Н.Т. Ниловская // Агрехимия. – 2002. – № 10. – С. 76–85.

5. Влияние селена на рост микроводоросли *Spirulina platensis* (Nords.) в накопительной и квазинепрерывной культурах / Г.С. Минюк, Р.П. Тренкеншу, А.В. Алисиевич [и др.] // Экология моря. – 2000. – Вып. 54. – С. 42–49.
6. Физиологические и биохимические особенности культивирования хлебопекарных дрожжей на средах, содержащих минеральный селен / К.И. Жакова, С.Л. Романов, Л.Ф. Коваленко [и др.] // Весті Національної академії наук Білорусі. Серія аграрних наук. – 2005. – № 4. – С. 120–123.
7. Oyamada N. Methylation of inorganic selenium compounds by freshwater green algae *Ankistrodesmus sp.*, *Chlorella vulgaris* and *Selenastrum sp.* / N. Oyamada, G. Takahashi, M. Ishizaki // Eisei Kagaku. – 1991. – V. 37, № 2. – P. 83–88.
8. Государственная фармакопея Украины. – Харьков, 2008. – 617 с.
9. Акімов І.К. Червона книжка України. / Акімов І.К. – Глобалконсалтинг, 2009. – 1536 с.
10. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф.Л. Калинин, В.В. Сарнацкая, В.Е. Полищук. – Киев.: Наук. думка, 1986. – С. 34–36.
11. Пат. № 36368 Украина, МПК6 С 12 N 5/04. Спосіб культивування калусної тканини астрагала шерстистоквіткового (*Astragalus dasyanthus* Pall.) / Бугара І.О., Юркова І.М., Бугара О.М.; заявитель и патентообладатель Таврический нац. ун-т. – № 200805928; заявл. 07.05.08; опубл. 27.10.08. Бюл. № 20.
12. Бугара И.А. Получение и цитологический анализ калусных культур астрагала шерстистоцветкового (*Astragalus dasyanthus* Pall) / И.А. Бугара, И.Н. Юркова, А.М. Бугара // Ученые записки Таврич. нац. ун-та. Серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21(60), № 2. – С. 9–14.
13. Zhou Z. Study on the accumulation of selenium and its binding to the proteins, polysaccharides and lipids from *Spirulina maxima*, *S. platensis* and *S. subsalsa* / Z. Zhou, P. Li, Z. Liu // Oceanol. Limnol. Sin. Haiyang Yu Huzhao. – 1997. – V. 28, № 4. – P. 363–370.
14. Высоккий В.А. Клональное микроразмножение растений / В.А. Высоккий // Культура клеток растений и биотехнология. – М.: Наука, 1986. – С. 34–36.

Юркова І.М. Концентрування селену калусними культурами *Astragalus dasianthus* (Pall.) / І.М. Юркова, В.П. Тайкова, І.О. Бугара, Л.М. Теплицька // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 239-244.

Досліджено закономірності накопичення селену у калусних культурах *Astragalus dasyanthus* в залежності від концентрації селену в живильному середовищі. Показано, що при ступінчастому збільшенні концентрації селену в живильному середовищі значно підвищується ступінь концентрування селену і ростова активність. Максимальний вміст селену в калусній біомасі збільшився в 74 рази в порівнянні з контролем.

Ключові слова: астрагал шерстистоквітковий, калусні культури, концентрування селену.

Yurkova I. The selenium concentration in callus culture of *Astragalus dasianthus* (Pall.) / I. Yurkova, V. Taikova, I. Bugara, L. Teplitskaya // Scientific Notes OF Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 239-244.

The regularities of selenium accumulations in callus cultures of *Astragalus dasyanthus* of selenium concentration in culture medium was depending. The stepped increase of selenium concentration in culture medium significantly increased the degree of concentration of selenium and the growth activity was shown. The maximum selenium content in callus biomass increased of 74 degree compared with the control.

Keywords: callus culture, *Astragalus dasyanthus*, selenium, concentration.

Поступила в редакцію 13.11.2010 г.

УДК 595.123:591.17+615.849.11

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* С РАЗЛИЧНЫМИ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Ярмолюк Н.С., Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

Изучено влияние электромагнитного экранирования на скорость движения планарий *Dugesia tigrina* с различными индивидуальными особенностями. Под влиянием электромагнитного экранирования происходило изменение динамики скорости движения планарий, которое было более выражено в группах с низкой двигательной активностью.

Ключевые слова: скорость движения, двигательная активность, электромагнитное экранирование, *Dugesia tigrina*.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной экологической физиологии является исследование индивидуальной чувствительности и устойчивости человека и животных к действию разнообразных факторов, приспособленности и жизнеспособности при изменении условий обитания, а также экстремальных ситуациях [1-4]. Накапливается все больше данных о том, что факторы различной природы, но малой интенсивности (микродозы) также обладают выраженным биологическим действием [5], вызывая наиболее яркие ответные реакции у особей с определенными индивидуальными особенностями [6], так называемых сенситивов. В связи с широким распространением таких факторов, изучение индивидуальной чувствительности к их действию представляет значительный интерес.

Изучение природы повышенной чувствительности, а также выделение сенситивов привлекает внимание различных исследователей. Одним из критериев повышенной чувствительности к действию различных факторов у крыс является их поведение в «открытом поле» (ОП). В зависимости от ГДА и ВерДА, определенных в этом тесте, выделяют животных с НДА, СДА и ВДА. Оказалось, что животные с ВДА более чувствительны к стресс-факторам, а животные с НДА – наоборот, чувствительны к действию факторов низкой интенсивности. При этом различная двигательная активность определяется уровнем возбудимости ЦНС.

В современных исследованиях многих авторов широко используются беспозвоночные, в том числе – планарии, так как параметры регенерации у этих животных связаны со многими процессами, которые изменяются под влиянием различных экологических факторов, в том числе электромагнитных полей [7-11].

Среди этих факторов особое внимание в настоящее время привлекает изучение действия ослабленного магнитного поля (МП). Это связано с тем, что такие поля широко распространены, но их действие не исследовано, кроме того, изучение их биологической активности позволяет расширить представления об экологической значимости этих факторов.

В связи с изложенным, задачей исследования явилось изучение реакции на электромагнитное экранирование (ЭМЭ) планарий с различными индивидуальными особенностями. По аналогии с позвоночными, животных делили на три группы по скорости движения (СД), полагая, что она определяется функциональными особенностями ЦНС и сенсорных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия ее содержания и кормления описаны ранее [12].

Для экспериментов использовали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [13].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. У всех животных определяли скорость движения, она колебалась от $1,4183 \pm 0,05$ до $2,0196 \pm 0,02$ мм/с. Все планарии по уровню двигательной активности были распределены на три группы: с низкой (НДА), средней (СДА) и высокой (ВДА) двигательной активностью (табл. 1). Полученные данные позволяют судить о том, что животные со СДА преобладают в популяции.

Таблица 1
Распределение планарий по уровню скорости движения ($\bar{x} \pm S \bar{x}$).

Группы животных	Число животных (%)	Скорость движения, мм/с
НДА (1)	31	$1,4183 \pm 0,05$
СДА (2)	43	$1,7501 \pm 0,02$ $P_{1,2} < 0,001$
ВДА (3)	26	$2,0196 \pm 0,02$ $P_{1,3} < 0,001$ $P_{2,3} < 0,001$

Животных каждой из выделенных групп рассаживали в три стаканчика по 50 мл воды. В дальнейшем из каждой выделенной группы формировали две подгруппы. Животные группы А служили контролем, группы Б – подвергались воздействию ЭМЭ. При этом каждая планария помещалась в отдельный флакон с 20 мл. воды. Изолированное содержание каждого животного позволило изучить индивидуальные особенности СД, её изменения во времени, а также инфрадианную ритмику этого показателя.

Контрольные животные находились в обычных лабораторных условиях и не подвергались какому-либо дополнительному воздействию. Планарий

экспериментальной группы содержали в экранирующей камере на протяжении 27-и дней по 23 часа в сутки. Ежедневно в течение одного часа (всегда в одно и то же время с 10 до 11 час.) проводили фиксацию СД планарий.

Для определения СД применяли компьютерные технологии анализа изображений [14]. Для этого видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. СД планарии вычислялась отношением пройденного ею пути (мм) ко времени в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений [15].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, которая представляет собой комнату размером 2х3х2 метра, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной составляющей магнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2·10⁻⁴Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2·10⁻³ до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц^{0.5}. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже 2·10⁻³Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка 3. В области частот от 150 Гц до 100 кГц происходит слабое экранирование, тогда как частоте больше 1 МГц имела место тенденция к ослаблению.

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования, поэтому вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [16, 17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате экспериментального тестирования, проведенного на протяжении 27-и дней, можно отметить некоторые сходства и различия в динамике СД планарий с различными индивидуальными особенностями в условиях ЭМЭ. У всех животных отмечены двухфазные изменения СД. I фаза – увеличение СД, II фаза – ее снижение. Отмечена неодинаковая степень выраженности фаз у планарий с различными индивидуальными особенностями.

Анализ СД животных с различной двигательной активностью показал, что в первой половине эксперимента происходит увеличение значений изучаемого показателя интактных животных и групп, содержащихся в условиях ЭМЭ. У

животных со СДА наблюдается увеличение СД в группе ЭМЭ относительно контрольных значений, которое колебалось от $1,7793 \pm 0,06$ мм/с на четвертые сутки эксперимента до $2,4447 \pm 0,12$ мм/с ($p < 0,01$) на девятые сутки, когда и отмечено максимальное возрастание (рис. 1, А). В группе с НДА возрастание СД наблюдается в тот же период, что и в группе со СДА. Так, значения показателя варьируются от $1,6951 \pm 0,05$ мм/с ($p < 0,05$) на четвертые сутки до $2,4182 \pm 0,09$ мм/с ($p < 0,01$) на восьмые сутки (рис. 1, Б). Таким образом, в группе с НДА, содержащейся в условиях ЭМЭ, в первой половине эксперимента возрастание значения изучаемого показателя наблюдается также на четвертые сутки, но максимальные значения характерны на одни сутки раньше, чем в группе со СДА. У животных с ВДА возрастание СД наблюдается на пятые сутки, что на одни сутки позже, чем в группах с НДА и СДА. Так, значения возрастают от $1,7821 \pm 0,11$ мм/с на пятые сутки до $2,6052 \pm 0,04$ мм/с ($p < 0,01$) на девятые сутки эксперимента (рис. 1, В). Таким образом, максимальное значение СД в группе с ВДА наблюдается в те же сроки, что и в группе со СДА, но в тоже время это на одни сутки позже, чем у животных с НДА.

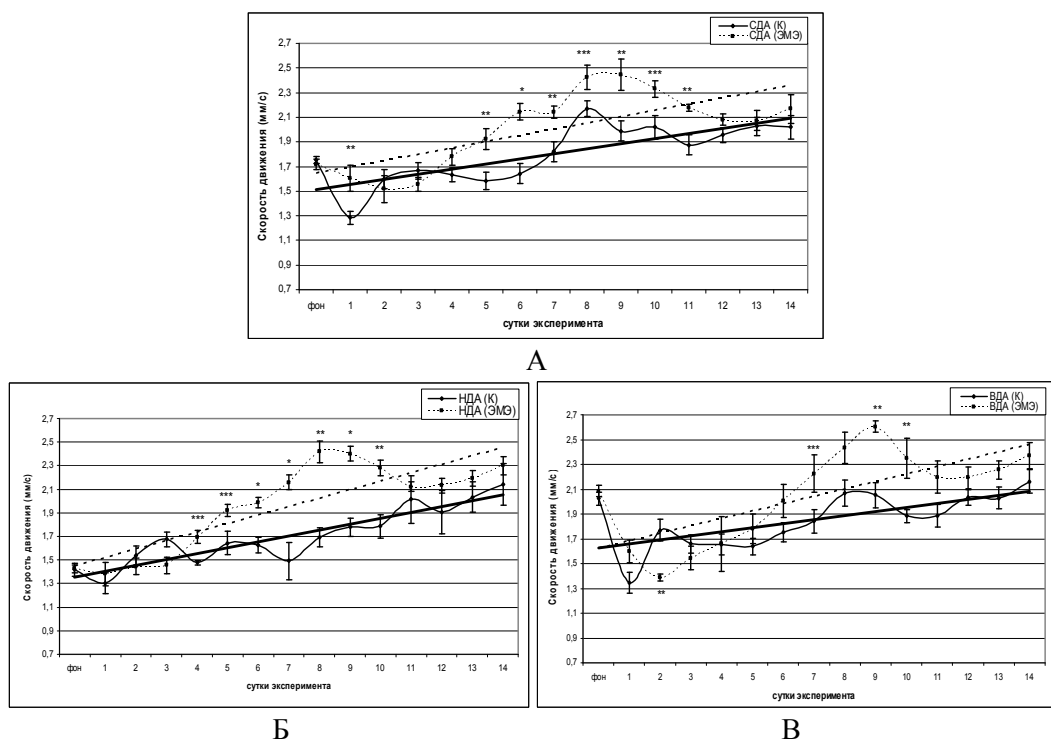


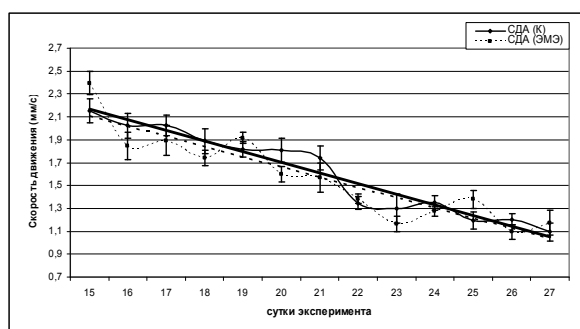
Рис. 1. Динамика и экспоненциальная модель СД контрольных и экспериментальных групп животных с различной двигательной активностью в первой половине эксперимента: А – СДА; Б – НДА; В – ВДА

Примечание: Р – достоверность различий при сравнении значений контрольной и экспериментальной групп животных:

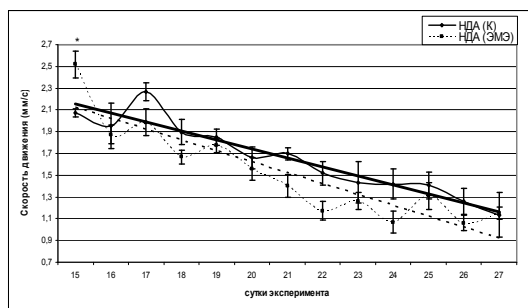
* – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

Экспоненциальная модель данных, представленная на Рис. 1 и позволяющая определить основные направления сдвигов динамики СД, в первой половине эксперимента позволила выявить у животных с различными индивидуальными особенностями тенденцию к возрастанию СД как в контрольных, так и в экспериментальных группах. При этом возрастание СД было более выражено в группах, содержащихся в условиях ЭМЭ.

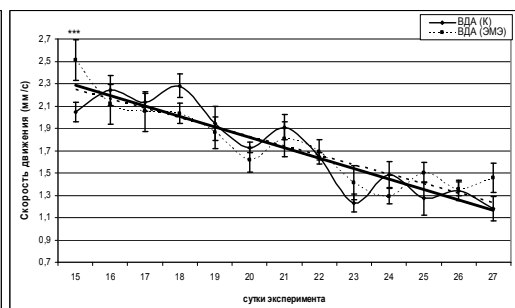
Литературные данные свидетельствуют о том, что выраженные различия скорости угашения компонентов двигательной активности, вероятно, можно объяснить тем, что различный уровень двигательной активности обуславливается различной возбудимостью в ЦНС. В работах Д.А. Кулагина с соавт. (1986) показано, что между НДА в ОП и силой возбуждительного процесса существует достоверная корреляционная связь, а уровень горизонтальной и вертикальной двигательной активности зависит от общего уровня возбудимости животного. Как свидетельствуют литературные данные, НДА в «открытом поле» в значительной степени связана с высокой активностью серотонинэргической системы головного мозга [18]. Наши данные позволяют расширить эти сведения о повышенной чувствительности и беспозвоночных животных с НДА.



А



Б



В

Рис. 2. Динамика и экспоненциальная модель СД контрольных и экспериментальных групп животных с различной двигательной активностью во второй половине эксперимента: А – СДА; Б – НДА; В – ВДА

Примечание: Р – достоверность различий при сравнении значений контрольной и экспериментальной групп животных:

* – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

Динамика СД во второй половине эксперимента поменялась в противоположную сторону. Начиная с 15-х суток наблюдения, происходит снижение уровня изучаемого показателя, при этом в группах, содержащейся в условиях ЭМЭ, оно более выражено.

Экспоненциальная модель данных, представленная на Рис. 2, в последующие 13 суток наблюдения позволяет выявить тенденцию к снижению СД животных с различными индивидуальными особенностями как в контрольных, так и в экспериментальных группах. При этом более выражено снижение в группе с НДА.

В пользу представления об индивидуальных особенностях реагирования различных систем организма животных, обладающих неодинаковыми типологическими особенностями при различных воздействиях можно привести работу Е. Sajtı и соавт. [19], выявивших большую степень разрушений кости при артрите у менее подвижных животных. Также Л.М. Ливановой с соавт. были получены интересные данные в лабораторных экспериментах, проведенных на животных [20-22]. Было выявлено, что при моделировании гипокинезии у животных с активным и пассивным типами поведения, определенными в тесте ОП, значение АД выше, чем у животных со средним типом поведения. Однако существуют данные, свидетельствующие о том, что АД и частота сердечных сокращений у крыс с ВДА при воздействии гипокинетического стресса не изменяются. У крыс с НДА, в тех же условиях, наблюдаются преходящие гипертензивные и гипотензивные реакции, после чего АД возвращается к исходному уровню, а часть животных данной группы погибает [23]. В свою очередь в условиях иммобилизационного стресса у крыс-самок с активным типом поведения в тесте ОП не наблюдалось изменений в ауторегуляции коронарного потока в отличие от животных пассивного типа. У этих животных чувствительность коронарных сосудов к монооксиду азота была выше, чем у активных крыс [24]. Приведенные результаты исследований согласуются с данными о том, что ЭС вызывает отчетливую перестройку ультраструктуры эндотелиоцитов и базальной мембраны восходящей части дуги аорты только у крыс с НДА [25]. Эти животные, в условиях мозговой ишемии при двусторонней окклюзии каротидных артерий, характеризуются более интенсивным мозговым кровотоком и более высокой частотой летальных исходов. Стрессорное воздействие вызывает инволюцию тимуса у этих крыс на 25-30 % [26-27]. У низкоподвижных животных при воздействии стресс-фактора, несмотря на повышение скорости локального кровотока, уровень напряжения кислорода в мозге снижается, а у крыс с активным типом повышается.

Исследование динамики СД планарий *Dugesia tigrina* с различными индивидуальными особенностями позволяет значительно расширить литературные данные и сведения о биологических эффектах экранирования на животных с различными индивидуальными особенностями.

ВЫВОДЫ

1. В первой половине эксперимента ЭМЭ приводит к увеличению СД планарий с различными индивидуальными особенностями. Более выраженные изменения наблюдаются в группе животных с НДА.

2. Начиная с 15-х суток эксперимента характерно снижение уровня изучаемого показателя, как в контрольной, так и экспериментальной группах. При этом более выраженные изменения характерны для группы животных с НДА.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на ритмику нервных клеток и их устойчивость к гипоксии / Н.А. Агаджанян, И.Г. Власова // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 681–689.
2. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / Виру А.А. – Л.: Наука, 1981. – 155 с.
3. Семагин В.Н. Тип нервной системы. Стрессоустойчивость и репродуктивная функция / Семагин В.Н., Зухарь А.В., Куликов М.А. – М.: Наука, 1988. – 133 с.
4. Слоним А.Д. Учение о физиологической адаптации / А.Д. Слоним // *Экологическая физиология животных*. – Л.: Наука, 1979. – С. 79–183.
5. Лиманский Ю.П. Возможные механизмы взаимодействия низкоинтенсивных электромагнитных излучений с организмом человека / Ю.П. Лиманский, Н.Д. Колбун // *Теория и практика информационно-волновой терапии* / Под ред. Н.Д. Колбуна. – К., 1996. – С. 30–42.
6. Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого ПемП СНЧ: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Грабовская Е.Ю. – СГУ. – Симферополь, 1992. – 23 с.
7. Goodman R. Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription / R. Goodman, C. Bassett, A. Henderson // *Science*. – 1983. – Vol. 222. – P. 1283–1285
8. Liboff A.R. Cyclotron resonance in membrane transport / A.R. Liboff // *Interactions between Electromagnetic Fields and Cells*, 1985. – P. 281–296.
9. Marron M.T. Mitotic delay in the slime mold *Physarum polycephalum* induced by low intensity 60- and 75-Hz electromagnetic fields / M.T. Marron, E.M. Goodman, B.B. Greenebaum // *Nature*. – 1975. – Vol. 254. – P. 66–67.
10. Modulation of the effect of pharmacological agents by weak and extremely weak alternating magnetic fields on a model of regeneration of the planarian *Girardia tigrina* / V.V. Lednev, A.M. Ermakov, O.N. [et al.] // *Biophysics*. – 2005. – Vol. 50, № 1. – P. 130–133.
11. Pulse shape of magnetic fields influences chick embryogenesis / A. Ubeda, J. Leal, M.A. Trillo [et al.] // *J Anat*. – 1983. – Vol. 137. – P. 513–536.
12. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темурьянц, М.М. Баранова // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
13. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
14. Wever R.A. The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation / Wever R.A. // *New-York: Springer*, 1979. – 276 p.
15. Патент № 98095 Украины МПК51 А 01 К 61/00. Способ определения скорости движения интактных и регенерирующих планарий / Темурьянц Н.А., Баранова М.М., Демцун Н.А.; заявитель и правообладатель Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского. – № U 200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл.№5.
16. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
17. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
18. Кулагин Д.А. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке / Д.А. Кулагин, В.Е. Болондинский // *Успехи физиол. наук*. – 1986. – Т. 17, № 1. – С. 92–108.

19. Tumor angiogenesis and metastasis formation are associated with individual differences in behavior of inbred Lewis rats/ E. Sajti, A. Kavelaars, Nv.N. Meeteren [et al.] // Brain Behav. Immun. – 2004. – Vol. 18, № 6. – P. 497–504.
20. Нормализующее влияние аэроинов на невротизированных крыс с разными типологическими особенностями поведения / Л.М. Ливанова, Л.В. Ноздрачева, Е.В. Курочкина [и др.] // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, № 2. – С. 402–409.
21. Ливанова Л.М. Профилактическое влияние отрицательно заряженных аэроинов при остром стрессе у крыс с разными типологическими особенностями поведения / Л.М. Ливанова, И.П. Левшина, Л.В. Ноздрачева // ЖВНД. – 1996. – Т. 46, № 3. – С. 564–570.
22. Защитное действие отрицательных аэроинов при остром стрессе у крыс разными типологическими особенностями поведения / Л.М. Ливанова, И.П. Левшина, Л.В. Ноздрачева [и др.] // ЖВНД. – 1998. – Т. 48, № 3. – С. 554–557.
23. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса / Судаков К.В. – М.: Медицина, 1981. – 232 с.
24. Солодков А.П. К механизму развития изменений ауторегуляции коронарного кровотока у крыс с различной чувствительностью к стрессу / А.П. Солодков, И.Ю. Щербинин // Российский физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2002. – Т. 88, № 2. – С. 166–175.
25. Изменение ультраструктуры интимы дуги аорты у крыс с различной устойчивостью к эмоциональному стрессу / В.А. Шахламов, К.В. Судаков, С.С. Перцов [и др.] // Бюллетень эксперим. биологии и медицины. – 2000. – Т. 118, № 5. – С. 25–29.
26. Прогностические поведенческие критерии и особенности мозгового кровотока у крыс с различной устойчивостью к эмоциональному стрессу / Е.В. Коплик, И.В. Ганнушкина, А.Л. Антелова [и др.] // Физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 1995. – Т. 81, № 9. – С. 35–39.
27. Коплик Е.В. Метод определения критерия устойчивости крыс к эмоциональному стрессу / Е.В. Коплик // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – Т. 9, № 1. – С. 16–18.

Ярмолюк Н.С. Вплив електромагнітного екранування на динаміку швидкості руху планар *Dugesia tigrina* з різними індивідуальними особливостями / Н.С. Ярмолюк, Н.А. Темур'янц, О.В. Шехоткін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 245-252.

Вивчено вплив електромагнітного екранування на швидкість руху планарій *Dugesia tigrina* з різними індивідуальними особливостями. Під впливом електромагнітного екранування відбувалася зміна динаміки швидкості руху планарій, яка була більш виражена в групах з низькою руховою активністю.

Ключові слова: швидкість руху, рухова активність, електромагнітне екранування, *Dugesia tigrina*.

Yarmolyuk N.S Influence of electromagnetic shielding on the dynamics speed planar *Dugesia tigrina* with different individual features/ N.S Yarmolyuk, N.A Temuryants, A.V Shehotkin // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 245-252.

The effect of electromagnetic shielding on the velocity of planarians *Dugesia tigrina* with different individual characteristics. Under the influence of electromagnetic shielding changes the dynamics of the velocity of planarians, which was more pronounced in groups with low physical activity.

Keywords: speed, motor activity, electromagnetic shielding, *Dugesia tigrina*.

Поступила в редакцію 28.11.2010 г.

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 4. С. 253-259.

УДК 615.281 + 547.787.1

КОНДЕНСАЦИЯ НЕНАСЫЩЕННЫХ ОКСАЗОЛ-5-ОНОВ С БИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ АМИНАМИ

Баевский А.М., Цикалов В.В., Баевский М.Ю.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: b_m_y@mail.ru*

Изучена реакция производных оксазол-5-она с 1,2-замещенными бифункциональными аминами. Показано, что в зависимости от природы амина и выбранных условий реакция раскрытия оксазольного цикла протекает по разному, в ряде случаев останавливаясь на стадии образования амида. Синтезирован ряд новых производных бензимидазола и бензоксазола. Строение синтезированных соединений подтверждено методами ПМР-спектроскопии.

Ключевые слова: оксазол-5-он, альдегид, фенилендиамин, метаборная кислота, конденсация, алкилирование, бензимидазол.

ВВЕДЕНИЕ

Ненасыщенные оксазол-5-оны представляют интерес главным образом как промежуточные продукты при синтезе различных соединений. Особое внимание изучению оксазол-5-онов уделяется в связи с широким развитием химии антибиотиков. Это связано с тем, что многие производные оксазол-5-онов обладают биологической активностью и используются в синтезе антибиотиков. Производные азлактонов является одним из исходных веществ при синтезе пенициллина, папаверина и родственных ему соединений. Они являются высоко реакционно-способными веществами, в реакциях ведут себя как ангидриды кислот и взаимодействуют с различными соединениями, содержащими подвижные атомы водорода. Мало изученными и редко встречающимися в литературе являются реакции взаимодействия оксазол-5-онов с бифункциональными соединениями, например, с 1,2-диаминами ароматического ряда, аминофенолами и прочими бифункциональными аминами. Целью нашей работы является изучение реакций взаимодействия ненасыщенных оксазол-5-онов с N-, и O-ортозамещенными анилинами, выделение продуктов конденсации и изучение их свойств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Температуры плавления определяли на приборе ПТП. Спектры ^1H -ЯМР получены на приборе Varian VXR-300 (300 МГц), внутренний стандарт - Me_4Si . Приведены химические сдвиги (δ -шкала)

Колоночную хроматографию (КХ) проводили на силикагеле Merck 230-400 меш, колонка 15 x 1,8 см, элюент: бензол-гексан, 50:1.

2-Фенил-4-бензилиденоксазол-5-он (1) К 25,4 г (0,25 моль) бензальдегида, 22,5 г (0,13 моль) гиппуровой кислоты и 40 мл пропионового ангидрида присыпают 8,4 г (0,06 моль) прокаленного карбоната калия. На следующий день закристаллизовавшуюся массу разбавляют 50 мл горячей воды и отфильтровывают. Осадок дважды промывают 15%-ной уксусной кислотой, а затем водой. Выход - 26,03 г (75%). Т. пл. 164-166 °С.

По аналогичной методике из анисового альдегида синтезируют 2-фенил-4-п-метокибензилиденоксазолон-5. Выход - 12,7 г (70%). Т. пл. 154-156 °С.

2-(1-Бензамидо-2-фенилвинил)-1H-бензимидазол (2) К 1,08 г (0,01 моль) 1,2-фенилендиамина, растворенного в 30 мл бензола, добавляют 2,5 г (0,01 моль) 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она и 0,22 г (0,005 моль) метаборной кислоты. Реакционную смесь нагревают на масляной бане в течение 5 часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 20:1). После окончания реакции образовавшийся осадок отфильтровывают, приливают к осадку 20 мл бензола и доводят до кипения. Осадок отфильтровывают. Выход бензимидазола (2) – 1,19 г (70%). Т. пл. 238-240 °С.

ПМР ($\text{DMSO}-d_6$): 6,37м, 8,08м (13H, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1H, C=CH), 10,25с (1H, NHCO).

N-[1-(2-амино-4-метилфенилкарбамоил)-2-фенилвинил]-бензамид (3) К 1,83 г (0,015 моль) 4-метил-1,2-фенилендиамина, растворенного в 30 мл бензола, добавляют 3,74 г (0,015 моль) 2-фенил-4-бензилиденоксазолон-5 и 0,33 г (0,0075 моль) метаборной кислоты. Реакционную смесь нагревают на масляной бане в течение 7 часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 20:1). После окончания реакции образовавшийся осадок отфильтровывают, приливают к осадку 20 мл пропанола-2 и доводят до кипения. Осадок отфильтровывают, выход - 2,12 г (40%). Т. пл. 198-200 °С.

ПМР ($\text{DMSO}-d_6$): 2,19с (3H, CH_3), 4,94с (2H, NH_2), 6,37м, 8,08м (13H, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1H, C=CH), 9,48с (1H, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCO}$), 10,23с (1H, NHCO).

2-(1-Бензамидо-2-фенилвинил)-5-метил-1H-бензимидазол (4) Реакционную смесь, состоящую из 0,3 г (0,0008 моль) N-[1-(2-амино-4-метилфенилкарбамоил)-2-фенилвинил]-бензамида (3) и 10 мл ксилола нагревают на масляной бане в течение 1 дня (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 10:1). После окончания реакции осадок отфильтровывают. Выход продукта (4) – 0,27 г (90%). Т.пл. 253-255 °С.

ПМР ($\text{DMSO}-d_6$): 2,35с (3H, CH_3), 6,9м, 8,15м (13H, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1H, C=CH), 10,26с (1H, NHCO), 12,45с (1H, $\text{NH}_{\text{гет}}$).

Аналогичный синтез проводят, используя в качестве растворителя толуол. Выход – 0,20 г (67%).

N-[1-(2-гидроксифенилкарбамоил)-2-фенилвинил]-бензамид (5) Реакционную массу, состоящую из 0,87 г (0,008 моль) 2-аминофенола, 2 г (0,008 моль) 2-фенил-4-бензилиденоксазолон-5 и 25 мл бензола, нагревают на песчаной бане в течение 24

часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 20:1). После окончания реакции осадок отфильтровывают, к осадку приливают 10 мл пропанола-2 и доводят до кипения. После охлаждения смеси осадок отфильтровывают. Выход – 1,72 г (60%). Т.пл. 135-137 °С.

ПМР (DMSO- d_6): 6,83м, 8,15м (14Н, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1Н, $\text{C}=\text{CH}$), 9,11с (1Н, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCO}$), 10,04с (1Н, NHCO), 10,39с (1Н, OH).

***N*-(1-бензооксазол-2-ил-2-фенилвинил)-бензамид (6)** Реакционную массу, состоящую из 0,9 г (0,0025 моль) *N*-[1-(2-гидрокси-фенилкарбамоил)-2-фенилвинил]-бензамида (5) и 15 мл ксилола нагревают на песчаной бане в течение 48 часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 10:1). После окончания реакции осадок отфильтровывают. Фильтрат упаривают, остаток перекристаллизовывают из этанола. Выход – 0,4 г (47%). Т.пл. 109 - 111 °С.

ПМР (DMSO- d_6): 6,91м, 8,38м (14Н, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1Н, $\text{C}=\text{CH}$), 9,99с (1Н, NHCO).

***N*-[1-(2-аминоэтилкарбамоил)-2-(*n*-метоксифенил)-винил]-бензамид (7)**

Реакционную массу, состоящую из 1,34 г (0,005 моль) 2-фенил-4-*n*-метоксибензилиденоксазолон-5, 0,33 мл (0,005 моль) этилендиамина и 20 мл бензола, нагревают на песчаной бане в течение 4 часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 10:1). После окончания реакции осадок отфильтровывают. К осадку приливают 20 мл пропанола-2 и доводят смесь до кипения. Смесь отфильтровывают, фильтрат охлаждают. Выпавший из охлажденного фильтрата осадок отфильтровывают. Выход – 0,59 г (35%). Т.пл. 220-222 °С.

ПМР (DMSO- d_6): 3,28с (2Н, CH_2NHCO), 3,35с (3Н, OCH_3), 3,74с (2Н, CH_2NH_2), 6,89м, 8,22м (9Н, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1Н, NHCOC_6H_5), 9,88с (1Н, CH_2NHCO).

***N*-[1-(2-гидроксиэтилкарбамоил)-2-(*n*-метоксифенил)-винил]-бензамид (8)**

Реакционную массу, состоящую из 1,34 г (0,005 моль) 2-фенил-4-*n*-метоксибензилиденоксазолон-5, 0,3 мл (0,005 моль) 2-аминоэтанола и 20 мл бензола, нагревают на песчаной бане в течение 24 часов (контроль ТСХ в системе бензол – пропанол-2, 20:1). После окончания реакции осадок отфильтровывают. Выход – 0,85 г (50%). Т.пл. 175-177 °С.

ПМР (DMSO- d_6): 3,25к (2Н, CH_2OH), 3,43т (2Н, CH_2NHCO), 3,73с (3Н, OCH_3), 4,67с (1Н, OH), 6,89м, 8,03м (9Н, $\text{CH}_{\text{аром}}$, 1Н, NHCOC_6H_5), 9,88с (1Н, CH_2NHCO).

1-бензил-2-фенилацетил-1Н-бензимидазол (9)

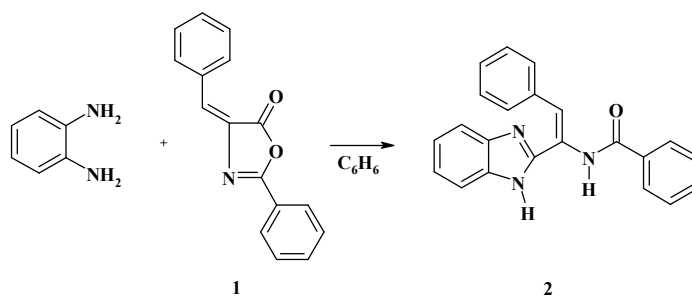
1,7 г (0,005 моль) 2-(1-Бензамидо-2-фенилвинил)-1Н-бензимидазола растворяют в 20 мл пропанола 2 содержащего 0.56 г гидроксида калия. Добавляют в течении 5 минут по каплям при комнатной температуре 0,5 мл (0,005 моль) бензилхлорида. После чего реакционную массу нагревают до кипения и выдерживают при кипении в течение 1 часа. После охлаждения к реакционной массе приливают 100 мл воды и экстрагируют органический слой бензолом. Экстракт упаривают, остаток очищают колоночной хроматографией (элюент: гексан - бензол - гексан, 1:1). Выход – 0,9 г (70 %). Т.пл. 85-87 °С.

ПМР (DMSO- d_6): 4,62с (2Н, $\text{COCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$), 5,86с (2Н, $\text{NCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$), 7,07м, 7,94м (14Н, $\text{CH}_{\text{аром}}$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Реакция конденсации 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она с производными 1,2-фенилендиамина была изучена в различных растворителях на примере 1,2-фенилендиамин и 4-метил-1,2-фенилендиамин. В качестве растворителей использовались бензол и пропанол-2. Реакция проводилась при температуре кипения растворителей. Контроль за ходом реакции осуществлялся методом ТСХ. В результате исследований было установлено, что в случае реакции производных 1,2-фенилендиамин и 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она с использованием в качестве растворителя пропанола-2 продукты реакции образуются в незначительных количествах, а реакционная смесь в основном содержит не прореагировавшие исходные вещества.

При использовании в качестве растворителя бензола в зависимости от заместителя в ароматическом кольце 1,2-фенилендиамин наблюдались различные результаты.



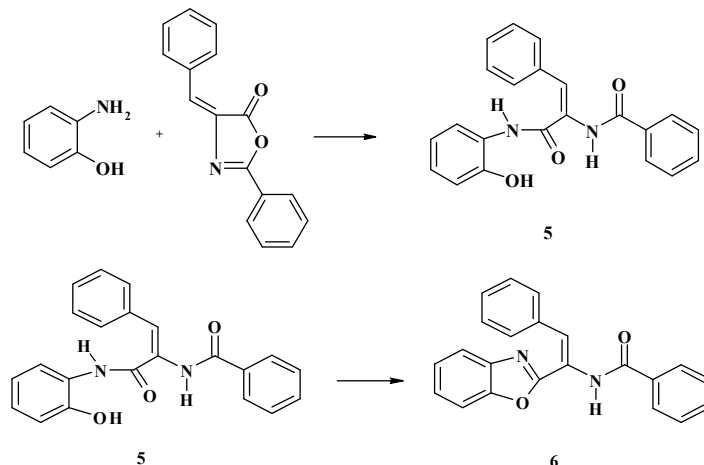
При кипячении 1,2-фенилендиамин с соответствующим оксазол-5-оном (1) из реакционной массы был выделен продукт, идентифицированный по данным ПМР спектроскопии как производное бензимидазола (2). Об образовании бензимидазольной структуры говорит наличие на спектре широкого однопротонного сигнала с ХС 12,5 м.д., соответствующего NH-группе гетероциклической природы. О сохранении амидной связи в боковой цепи свидетельствует однопротонный сигнал с ХС 10,25 м.д.

В случае реакции эквимольных количеств 4-метил-1,2-фенилендиамин и 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она оказалось, что при кипячении в бензоле в течение 5 часов образования бензимидазольного цикла не наблюдается, реакция останавливается на стадии образования моноамидного производного (3), что подтверждается данными ПМР спектроскопии. В частности, дупротонный синглет с ХС 4,94 м.д. свидетельствует о наличии в соединении свободной аминогруппы, амидные группы характеризуются однопротонными синглетами с ХС 9,48 м.д. и 10,23 м.д.

С целью получения соответствующего бензимидазольного производного моноамидное производное подвергли нагреванию в более высококипящих растворителях, чем бензол. В качестве таких растворителей использовались толуол и ксилол. Продуктом реакции в обоих случаях стал 2-(1-бензамидо-2-фенилвинил)-5-метил-1H-бензимидазол (4), структуру которого подтвердили данные ПМР-спектроскопии. Так, отсутствие сигнала – дупротонного синглета с ХС 4,94 м.д.,

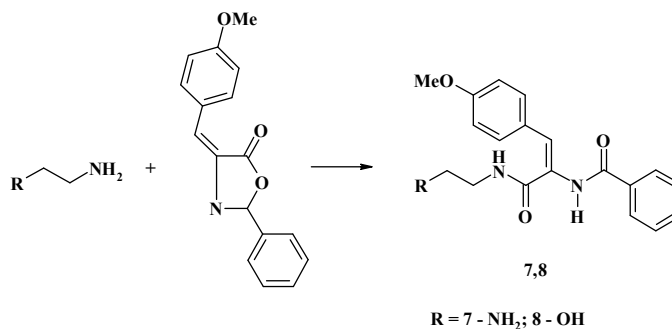
характеризующего свободную аминогруппу, и наличие на спектре сигнала – однопротонного синглета, характеризующего NH-группу гетероциклической природы, свидетельствуют об образовании бензимидазольной структуры. В случае использования в качестве растворителя ксилола или толуола в реакции конденсации оксазол-5-она с 4-метил-1,2-фенилендиамином оказалось, что продуктом реакции является смесь моноамидного и бензимидазольного производных и проведение процесса постадийно значительно увеличивает выход целевого продукта - 2-(1-бензамидо-2-фенилвинил)-5-метил-1H-бензимидазола (5).

При изучении реакции оксазол-5-онов с о-аминофенолами в кипящем бензоле было установлено, что реакции протекает аналогично процессу конденсации азлактона с 4-метил-1,2-фенилендиамином и целевым продуктом реакции в конечном итоге является соответствующее бензооксазольное производное. Проходя через стадию образования на стадии образования амидного производного (5), что было подтверждено данными ПМР-спектроскопии. Свободная гидроксильная группа которого характеризуется однопротонным синглетом с ХС 10,39 м.д., а амидной группе на спектре соответствует однопротонный синглет с ХС 9,11 м.д. Соединение (5) в результате дальнейшего нагревания в ксилоле, как и в случае с производным 4-метил-1,2-фенилендиамин (3), претерпевает внутримолекулярную конденсацию и образует 2-(1-бензамидо-2-фенилвинил)бензоксазола (6). В спектре соединения (6) отсутствует однопротонный синглет с ХС 10,39 м.д., характеризующий гидроксильную группу, также сигнал с ХС 9,11 м.д., что подтверждает образование бензооксазольного производного из амидного. Так же, как и в случае реакции конденсации азлактона с 4-метил-1,2-фенилендиамином, постадийный процесс получения гетероциклического соединения – бензоксазола – дает большие выходы целевого продукта по сравнению с одностадийным процессом конденсации оксазол-5-она с 2-аминофенолом в среде ксилола, продуктом реакции которого является смесь амидного и бензоксазольного производных.



С целью более полного изучения реакции взаимодействия ненасыщенных оксазол-5-онов с бифункциональными соединениями была произведена попытка конденсации оксазол-5-она с алифатическими веществами. В качестве

алифатических бифункциональных соединений использовались этилендиамин и 2-аминоэтанол. Реакция проводилась в среде бензола при температуре кипения растворителя. В обоих случаях продуктами реакции стали амидные производные: *N*-(2-аминоэтил)-2-бензамидо-3-*n*-метоксифенилакриламид (7) в случае конденсации 2-фенил-4-*n*-метоксибензилиденоксазол-5-она с этилендиамином и 2-бензамидо-*N*-(2-гидрокси-этил)-3-*n*-метоксифенилакриламид (8) в случае конденсации оксазол-5-она с 2-аминоэтанолом.



Изменение условий процесса конденсации (использование в качестве растворителя ксилола, толуола) или дальнейшее нагревание в ксилоле выделенных амидов, как в случае с 4-метил-1,2-фенилендиамином и 2-аминофенолом, не привело к изменению результатов: гетероциклические соединения не образуются, а единственным продуктом конденсации оксазол-5-она с алифатическими соединениями является соответствующий амид.

ВЫВОДЫ

1. Изучена реакция конденсации 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она с производными 1,2-фенилендиамина в различных растворителях. Установлено, что в реакции 1,2-фенилендиамина с 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-оном, проведенной в среде бензола, основным продуктом является соответствующее производное бензимидазола. А в случае 4-метил-1,2-фенилендиамина реакция останавливается на стадии образования соответствующего амида. При нагревании выделенного амида в ксилоле или толуоле образуется соответствующее бензимидазольное производное.
2. Установлено, что в случае реакции 2-фенил-4-бензилиденоксазол-5-она с 2-аминофенолом в среде бензола продуктом конденсации является соответствующий амид. При проведении реакции конденсации в среде ксилола образуется смесь амида и бензооксазола. Постадийный процесс получения и выделения амида с последующим нагреванием его в ксилоле увеличивает выход целевого продукта – бензооксазола.
3. Показано, что в реакции конденсации 2-фенил-4-*n*-метоксибензилиденоксазол-5-она с алифатическими бифункциональными соединениями: этилендиамином и 2-аминоэтанолом продуктами реакции в независимости от выбранных условий являются соответствующие амидные производные.

Список литературы

1. Лурье С.И. Азлактоны. Реакции и методы исследования органических соединений / С.И. Лурье, Е.С. Чаман – М. ГХИ, 1959. – С.159–169.
2. Tripathy P.K. A fast synthesis of 2-acylamino-2-alkenoic acids / P.K. Tripathy, A.K. Mukerjee // Synthesis. – 1984. – №5. – P. 418–422.
3. Lott R.S. Azlactone oxidation / R.S. Lott, E.G. Breitholle, C.H. Stammer // J. Org. Chem. – 1980. – Vol.45, №6. – P. 1151–1153.
4. Картер Г.Е. Азлактоны. Органические реакции / Г.Е. Картер – Т.3; пер. с англ. К.А. Кочешкова. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1951. – С.191–199.
5. Synthesis of some β -(1-benzimidazolyl)- and β -(1-benzotriazolyl)- α -amino acid derivatives / M. Dobnikar, M. Kocevar, S. Polanc [et al.] // Heterocycles. – 1989. – Vol.29, №2. – P. 281–286.
6. Behavior of o-phenylenediamine and o-aminothiophenol with aziactones. A new synthesis of some benzimidazole and benzothiazole derivatives / A.A. Harb, S.E. Zayed, A.M. El-Maghraby [et al.] // Heterocycles. – 1986. – Vol.24, №7. – P. 1873–1881

Баєвський О.М. Конденсація ненасичених оксазол-5-онів з біфункціональними амінами / О.М. Баєвський, В.В. Цикалов, М.Ю. Баєвський // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 253-259.

Вивчена реакція похідних оксазол-5-она з 1,2-заміщеними біфункціональними амінами. Показано, що залежно від природи аміну і вибраних умов реакція розкриття оксазольного циклу протікає по різному, у ряді випадків зупиняючись на стадії утворення аміда. Синтезований ряд нових похідних бензімідазолу і бензоксазола. Будова синтезованих з'єднань підтверджена методами ПМР-спектроскопії.

Ключові слова: оксазол-5-он, альдегід, фенілендіамін, метаборна кислота, конденсація, бензімідазол.

Baevsky A.M. Condensation of unsaturated oxazol-5-one with bifunctional amines / A.M. Baevsky, V.V. Tsykalov, M.Y. Baevsky // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 253-259.

The reaction of derivatives of oxazol-5-one is studied with 1,2-deputized to the difunctional amines. It is shown that depending on nature of amine and chosen terms the reaction of opening of oxazolic cycle flows on different, in a number of cases stopped on the stage of formation of amide. The row of new derivatives of benzimidazole and benzoxazole is synthesized. The structure of the synthesized connections is confirmed by the methods of HMR-spectroscopy.

Keywords: oxazol-5-one, aldehyde, phenylenediamine, metaboric acid, condensation, benzimidazole.

Поступила в редакцію 17.11.2010 г.

УДК 577.152.193

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ РЕДЬКИ ЧЕРНОЙ ИММОБИЛИЗОВАННОЙ НА БЕНТОНИТЕ В ВОДНЫХ СИСТЕМАХ С ГИДРОХИНОНОМ

Вяткина О.В., Лаврентьева И.В.

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: oksana_yyatkina@list.ru*

В статье приведены результаты исследования каталитической активности пероксидазы редьки черной иммобилизованной на бентоните в водных системах с гидрохиноном. Показано, что иммобилизация пероксидазы редьки черной на бентоните увеличивает ее активность в реакции окисления гидрохинона в 2 раза по сравнению с нативным ферментом, максимальную скорость реакции – в 4,8 раза, при этом повышается рН и термостабильность фермента, что обуславливает возможность его широкого применения в первую очередь в различных схемах водоочистки.

Ключевые слова: пероксидаза, бентонит, гидрохинон, пероксид водорода.

ВВЕДЕНИЕ

Ферменты – это специфические катализаторы белковой природы, вырабатываемые клетками и тканями организмов [1]. Практическое применение ферментов основано на их высокой каталитической активности и субстратной специфичности [2], что делает задачу поиска новых источников ферментов и создание новых каталитически активных материалов на их основе задачей актуальной.

Классическая пероксидаза – двухсубстратный фермент класса оксидоредуктаз, проявляющий высокую специфичность в отношении окислителя – пероксида водорода. Среди субстратов пероксидазы встречаются вещества различной природы, но одними из наиболее легко окисляемых являются фенолы [1, 3-5].

Известно, что наиболее перспективным источником пероксидазы является относительно дешевое и широко распространенное растительное сырье. Однако недостатком нативных ферментных препаратов является проявление каталитической активности в узких диапазонах рН и температур, а также существенная потеря активности в течении первых 2 часов хранения на открытом воздухе [6].

Одним из способов повышения активности и устойчивости растительных пероксидаз является их иммобилизация на водонерастворимых подложках, в качестве которых используют широкий спектр различных материалов, в частности: графит [7], пленки биополимеров [8, 9], глинистые материалы [10]. Существует

несколько принципиально различных подходов, позволяющих связать фермент с носителем. Наиболее прост в реализации адсорбционный метод. Поэтому целью нашей работы было исследование каталитической активности пероксидазы редьки черной иммобилизованной на бентоните в реакции окисления гидрохинона при различных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась пероксидаза корнеплодов редьки черной. Для получения экстракта растительное сырье подвергли очистке стандартным методом [11] и измельчили на пластмассовой терке. Экстракцию проводили фосфатным буфером pH - 7,0.

Исследования проводили относительно фенольного субстрата – гидрохинона. В качестве водонерастворимой подложки для иммобилизации фермента был использован бентонит Асканского месторождения (Грузия).

Сорбцию пероксидазы из фосфатно-буферного раствора на бентоните изучали в статических условиях при температуре 25°C в течении 2 часов. Остаточное содержание фермента в растворе определяли спектрофотометрически ($\lambda=400$ нм) [2].

Каталитическую активность нативной и иммобилизованной на бентоните пероксидазы редьки черной в реакции окисления гидрохинона ($C_6H_4(OH)_2$) изучали в водных растворах в присутствии пероксида водорода (H_2O_2) при температуре 25 °С. Исследования проводили в следующих системах: гомогенная система I: 3 мл 3% раствора H_2O_2 , 50 мл раствора $C_6H_4(OH)_2$, 7 мл ферментного препарата; гетерогенная система II: 2,5 мл 3% раствора H_2O_2 , 50 мл раствора $C_6H_4(OH)_2$, 5 г модифицированного бентонита ($C(H_2O_2)=0,05$ моль/л, концентрации растворов $C_6H_4(OH)_2$ варьировали от 0,046 ммоль/л до 0,91 ммоль/л, содержание пероксидазы в 5 г бентонита эквивалентно 7 мл нативного фермента).

Для расчета максимальной скорости ферментативной реакции (w_{max}) и константы Михаэлиса (K_m) определяли начальные скорости окисления пирогаллола в системах (I и II) при различных начальных концентрациях гидрохинона ($\Delta\tau = 10$ мин). Также в системе (I) варьировали концентрацию пероксида водорода. Реакцию окисления гидрохинона останавливали введением в систему 2М H_2SO_4 .

Изменение концентрации гидрохинона в исследуемых системах контролировали фотоколориметрическим методом по реакции с о-фенантролином в присутствии ионов Fe^{3+} [12]. Указанные кинетические параметры вычисляли графическим методом в координатах Лайнуивера – Берка [13].

Определение средней пероксидазной активности ферментного препарата проводили в системах: гомогенная система III: $C(H_2O_2)=0,05$ моль/л, $C(C_6H_4(OH)_2)=0,38$ ммоль/л, $V(C_6H_4(OH)_2)=50$ мл, нативный ферментный препарат; гетерогенная система IV: $C(H_2O_2)=0,05$ моль/л, $C(C_6H_4(OH)_2)=0,43$ ммоль/л, $V(C_6H_4(OH)_2)=50$ мл, модифицированный бентонит. ($V(ф. преп.)=3,5; 7; 10,5$ мл.; $m(бентонита)=2,5; 5; 7,5$ г.).

За единицу активности принимали количество окисленного субстрата (мкМ), катализируемое 1 мл ферментного препарата в течение 1 мин. Также критерием,

характеризующим активность нативного и иммобилизованного ферментов считали степень конверсии гидрохинона в исследуемых системах (α , %)

Для изучения влияния pH и температуры на активность нативного и иммобилизованного на бентоните фермента использовали системы: гомогенная система V: $C(H_2O_2)=0,05$ моль/л, $C(C_6H_4(OH)_2)=0,38$ ммоль/л, $V(C_6H_4(OH)_2)=50$ мл, $V(C_6H_4(OH)_2)=50$ мл; гетерогенная система VI: $C(H_2O_2)=0,05$ моль/л, $C(C_6H_4(OH)_2)=0,43$ ммоль/л, $V(C_6H_4(OH)_2)=50$ мл, $m(\text{бентонита})=5$ г. Температуру варьировали от 0°C до 100°C . pH – от 0 до 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе эксперимента было установлено, что начальная скорость окисления гидрохинона зависит от концентрации пероксида водорода (рис. 1). Причем при концентрации $(H_2O_2) = 0,05$ моль/л в гомогенной системе (I) скорость окисления гидрохинона максимальна.

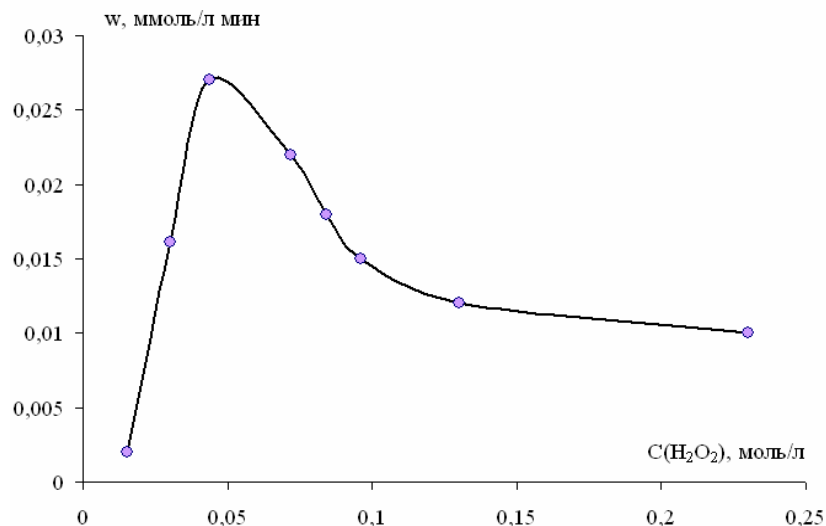


Рис. 1. Зависимость начальной скорости окисления гидрохинона в системе (I) от концентрации пероксида водорода (H_2O_2).

Снижение начальной скорости исследуемого процесса очевидно связано с образованием в избытке пероксида водорода промежуточной формы фермента, не проявляющей каталитической активности в реакциях окисления фенольных субстратов [2, 5]. Поэтому при проведении дальнейших исследований концентрация пероксида водорода в каталитических системах составляла $0,05$ моль/л.

При определении удельной активности \bar{A} пероксидазы в системах (III), (IV) относительно субстрата гидрохинона были получены данные, представленные в Таблице 1., из которой следует, что при иммобилизации фермента на бентоните его удельная активность возрастает в 2 раза относительно нативного препарата.

Таблица 1

Ферментная активность препаратов нативной и иммобилизованной на бентоните пероксидазы редьки черной

Гомогенная система (III)			Гетерогенная система (IV)		
V (фермента) мл	$C_{нач}$ ($C_6H_4(OH)_2$) ммоль/л	\bar{A} е.а	m бентонита г	$C_{нач}$ ($C_6H_4(OH)_2$) ммоль/л	\bar{A} е.а
3,5	0,38	0,1±0,006	2,5	0,43	0,2±0,004
7			5		
10,5			7,5		

В ходе кинетических исследований в системах (I) и (II) были определены начальные скорости и степень конверсии гидрохинона, данные показаны в Таблице 2. Было установлено, что при $t = 25^\circ C$ и различных начальных концентрациях гидрохинона степень его конверсии в гомогенной системе варьировалась от 20% до 55,7%, а в гетерогенной системе с бентонитом, модифицированным пероксидазой от 34,6% – до 77%.

Таблица 2

Средняя скорость и степень конверсии гидрохинона в каталитических системах с нативной и иммобилизованной на бентоните пероксидазой редьки черной

Гомогенная система (I)				Гетерогенная система (II)			
$C_{нач}$ $C_6H_4(OH)_2$ ммоль/л	$C_{кон}$ $C_6H_4(OH)_2$ ммоль/л	w, ммоль/л мин	Степень конверсии $C_6H_4(OH)_2$ α , %	$C_{нач}$ $C_6H_4(OH)_2$ ммоль/л	$C_{кон}$ $C_6H_4(OH)_2$ ммоль/л	w, ммоль/л мин	Степень конверсии $C_6H_4(OH)_2$ α , %
0,08	0,05	0,003	37,5	0,10	0,046	0,0054	54,0
0,23	0,16	0,007	30,4	0,26	0,17	0,009	34,6
0,38	0,27	0,011	29,9	0,43	0,14	0,029	68,4
0,61	0,27	0,034	55,7	0,69	0,23	0,046	66,6
0,76	0,39	0,037	48,7	0,87	0,20	0,067	77,0

Значительное повышение степени конверсии гидрохинона в гетерогенной системе, по-видимому, связано как непосредственно с увеличением активности пероксидазы в следствие ограничения возможности для конформационных перестроек и более быстрого нахождения кратчайшего пути к функционально активной конформации, так и с каталитической активностью самого бентонита в водных системах с пероксидом водорода [14, 15] и его сорбционным средством к гидрохинону [16].

По данным представленным в Таблице 2 были построены графические зависимости в координатах Лайнуивера – Берка, были рассчитаны кинетические параметры ферментативных реакций в исследуемых системах (табл. 3)

Таблица 3

Кинетические параметры процесса окисления гидрохинона нативной и иммобилизованной на бентоните пероксидазой редьки черной

	K_m , мкМоль/л	w_{max} , мкМоль/л·мин
гомогенная система (I)	$6,59 \cdot 10^3$	$0,244 \cdot 10^3$
Гетерогенная система (II)	$22,50 \cdot 10^3$	$1,166 \cdot 10^3$

Эксперимент показал, что в случае использования пероксидазы иммобилизованной на бентоните максимальная скорость реакции увеличивается в 4,8 раза по сравнению с системой содержащей нативный фермент, что подтверждает увеличение количества каталитических центров в системе в том числе и за счет активных центров бентонита [15].

Значительное возрастание константы Михаэлиса в гетерогенной системе по сравнению с гомогенной говорит о меньшей специфичности пероксидазы иммобилизованной на бентоните в отношении фенольных субстратов по сравнению с нативным ферментом, что, однако является положительным показателем при использовании данного материала в очистке водных систем содержащих сумму различных фенольных веществ.

Влияние температуры на скорость окисления гидрохинона в системах (V) и (VI) оценивали по степени конверсии субстрата, данные эксперимента представлены на Рисунке 2.

Как видно из Рисунка 2. максимальной активностью нативная пероксидаза обладает в интервале температур от 20°C до 40°C. Оптимальной является температура 30°C при которой степень конверсии гидрохинона в системе составила 45%. Температурная зависимость активности пероксидазы иммобилизованной на бентоните имеет несколько иной характер: Высокие степени конверсии от 60 до 100% сохраняются в широком диапазоне температур от 10°C до 70°C, откуда

следует, что иммобилизация пероксидазы на водонерастворимой подложке делает ее более устойчивой к температурной денатурации.

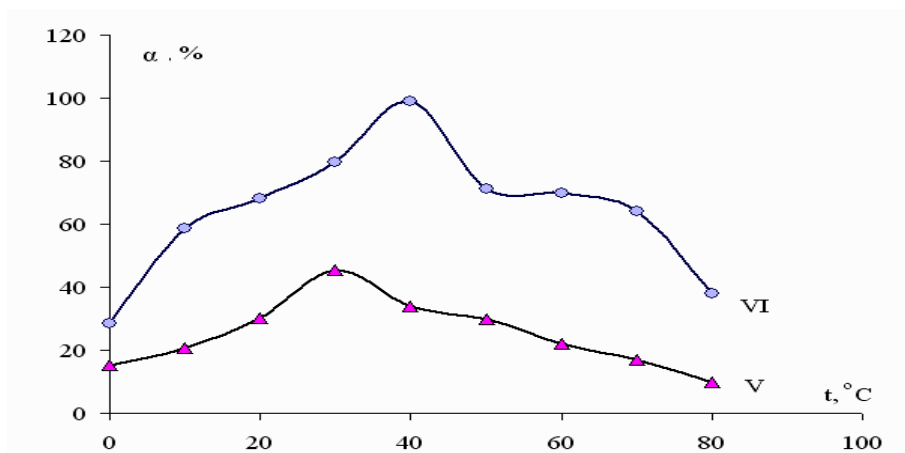


Рис. 2. Зависимость степени конверсии гидрохинона (α) от температуры в гомогенной и гетерогенной каталиических системах (V), (VI).

Результаты изучения влияния pH на кинетику конверсии гидрохинона в исследуемых системах представлены на Рисунке 3.

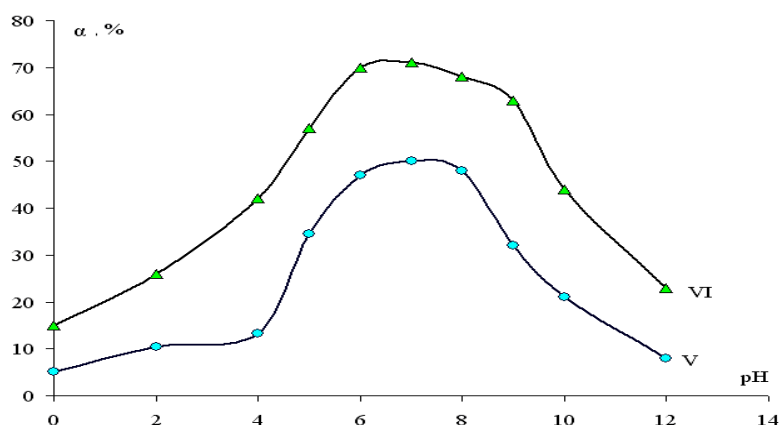


Рис. 3. Зависимость степени конверсии гидрохинона (α) от pH в гомогенной и гетерогенной каталиических системах (V), (VI).

Представленные зависимости свидетельствуют о расширении диапазона оптимума pH в системе VI при использовании пероксидазы иммобилизованной на бентоните от 6 до 10 по сравнению с нативной пероксидазой в системе V (оптимум

pH 6-8). При этом степень конверсии в указанных интервалах pH в гетерогенной системе в среднем на 20% выше чем гомогенной.

Таким образом, иммобилизация пероксидазы редьки черной на бентоните повышает активность фермента, улучшает его кинетические характеристики в реакции окисления гидрохинона и увеличивает его pH и термостабильность, что обуславливает возможность его широкого применения в первую очередь в различных схемах водоочистки.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что оптимальными условиями иммобилизации пероксидазы редьки черной на бентоните при температуре 25 °С являются исходная объемная концентрация фермента 20% и время контакта 1,5 часа, при этом степень связывания фермента – 70 об.%
2. Определено, что пероксид водорода в концентрациях превышающих 0,05 моль/л ингибирует окисление гидрохинона в присутствии пероксидазы редьки черной.
3. Выявлено, что иммобилизация пероксидазы редьки черной на бентоните увеличивает ее активность в реакции окисления гидрохинона в 2 раза по сравнению с нативным ферментом, при этом максимальная скорость реакции увеличивается в 4,8 раза, а константа Михаэлиса в 3,4 раза.
4. Установлено, что оптимальными для использования пероксидазы редьки черной иммобилизованной на бентоните в реакции окисления гидрохинона является температура 40°C и pH=7.

Список литературы

1. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов / Рогожин В.В. – М. : ГИАРД, 2004. – 240 с.
2. Андреева В.А. Фермент пероксидаза / В.А. Андреева – М. : Наука, 1988. – С.54–55.
3. Эйхгорн Г. Неорганическая биохимия / Эйхгорн Г. – Т.2 ; пер.с англ. под. ред. М.Е. Вольпина, К.Б. Яцимирского. – М. : Мир,1978.– С. 23–34.
4. Куприянович Ю.Н. Ферменткатализируемое окисление замещенных фенолов : автореф. дис. канд. хим. наук: 02.00.03 / Ю.Н. Куприянович – ИрИХ СО РАН им. А. Е. Фаворского. – Иркутск, 2009. – 18 с.
5. Айзенштадт М.А. Пероксидазное окисление лигнина и его модельных соединений / М.А. Айзенштадт, К.Г. Боголицын // Химия растительного сырья. – 2009. – №2. – С.5–18.
6. Куряева Е.В. Окислительная активность пероксидазы корнеплодов редьки черной относительно фенольного субстрата / Е.В. Куряева, О.В. Вяткина // Материалы Всеукраинской научной конференции «Мониторинг природных и техногенных сред». – Симферополь. – 2008. – С.40–42.
7. Супрун Е.В. Пероксидазные и холинэстеразные сенсоры на основе модифицированных графитовых электродов : автореф. канд. хим наук: 02.00.02 / Е.В. Супрун – Казанский государственный университет.– Казань, 2001. – 19 с.
8. Веселова И.А. Повышение каталитической активности и стабильности пероксидазы хрена за счет включения её в полиэлектролитный комплекс с хитозаном / И.А. Веселова, А.В. Кирейко, Т.Н. Шеховцова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2009. – Т. 45, № 2. – С.142–148.
9. Преображенская Ю.В. Иммобилизация хлоридпероксидазы из *Serratia marcescens* в белковых полупроницаемых пленках / Ю.В. Преображенская, Ю.А. Богдевич, В.Н. Бурдь // Прикл. Биохим. и микробиол. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 152–155.
10. Вяткина О.В. Окислительная активность пероксидазы хрена, иммобилизованной на бентоните / О.В.

- Вяткина, Е.В. Куряева, О.С. Ботнаръ // Актуальные вопросы теоретической и прикладной физики и биофизики «Физика. Биофизика – 2007». Материалы Третьей всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Севастополь. – 2007. – С. 48–49.
11. Селибер Г.Л. Большой практикум по микробиологии / Г.Л. Селибер. – М. : Мир, 1962. – 492 с
 12. Лурье Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А. И. Рыбников. – М.: Химия, 1974. – 395 с.
 13. Багирова Н.А. Кинетика и катализ / Н.А. Багирова, Т.Н. Шеховцова. – М. : Наука, 1999. – С. 625.
 14. Березин И.В. Имобилизованные ферменты / И.В. Березин, Н.Л. Клячко, А.В. Левашов. – М. : Мир, 1987. – С. 85–92.
 15. Вяткина О.В. Природа кислото-основной и каталитической активности монтмориллонита в водной среде / О.В. Вяткина, Е.Д. Першина, К.А. Каздобин // Украинский химический журнал. – 2006. – Т 72, №7–8. – С.19–24.
 16. Першина К.Д. Використання систем H_2O_2 – бентоніт для очищення стічних вод від фенолів / К.Д. Першина, О.В. Вяткіна // Вісник Львів. Ун-ту. – 2005. – Вип. 46. – С. 140–147.

Вяткіна О.В. Каталітична активність пероксидази редьки чорної іммобілізованої на бентоніті у водних системах з гідрохіноном / О.В. Вяткіна, І.В. Лаврентьєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 260-267.

В статті наведені результати дослідження каталітичної активності пероксидази редьки чорної, що іммобілізована на бентоніті, в водних системах з гідрохіноном. Показано, що іммобілізація пероксидази редьки чорної на бентоніті підвищує її активність у реакціях окиснення гідрохінону в 2 рази порівняно з нативним ферментом, максимальну швидкість реакції – в 4, 8 разів, при цьому зростає рН та термостабільність ферменту, що обумовлює можливість його широкого використання в першу чергу у різноманітних системах водоочищення.

Ключові слова: пероксидаза, бентоніт, гідрохінон, пероксид водню.

Vyatkina O.V. Catalytic activity of peroxidase of a radish black is immobilized on bentonite in water systems with Hydroquinone / O.V. Vyatkina, I.V. Lavrentieva // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 260-267.

In article results of research of catalytic activity of a peroxidase of a radish black is immobilized on bentonite in water systems with Hydroquinone are resulted. It is shown that the immobilization of a peroxidase of a radish black on bentonite increases its activity in oxidation reaction of hydroquinone in 2 times in comparison with native enzyme, the maximum speed of reaction – in 4,8 times, thus pH and thermostability of enzyme raises. It causes possibility of its wide application in the diverse schemes of water purification.

Keywords: peroxidase, bentonite, Hydroquinone, hydrogen peroxide.

Поступила в редакцію 21.11.2010 г.

УДК 547.918

ГЕМОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ СЕМЕЙСТВА АРАЛИЕВЫХ

Гришковец В.И.¹, Довгий И.И.², Яковишин Л.А.²

¹Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

²Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
Севастополь, Украина

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Изучена гемолитическая активность тритерпеновых гликозидов семейства аралиевых. Выявлены структурные факторы, влияющие на уровень активности, связанные с природой агликона и углеводной цепи.

Ключевые слова. тритерпеновые гликозиды, гемолитическая активность, семейство аралиевых.

ВВЕДЕНИЕ

Способность сапонинов вызывать разрушение эритроцитов крови, или гемолиз, в эксперименте *in vitro* впервые была обнаружена еще в конце XIX века [1]. Очевидно, что высокая токсичность сапонинов для хладнокровных организмов (например, рыб) и для теплокровных животных и человека при попадании непосредственно в кровь были известны еще раньше. С тех пор это биологическое свойство гликозидов постоянно привлекало внимание исследователей как с точки зрения выяснения механизма гемолитического действия, так и выяснения структурных факторов, ответственных за его проявление. Было предпринято много усилий для выяснения связи гемолитической активности со структурой. Однако и к настоящему времени этот вопрос далек от своего полного решения. Подавляющая часть исследований проводилась с тритерпеновыми гликозидами β -амиринового ряда, кроме того, высокая гемолитическая активность обнаружена у тритерпеновых гликозидов ланостанового ряда из голотурий [2], однако тритерпеновые гликозиды даммаранового ряда, присутствующие главным образом в видах рода *Panax*, оказались гемолитически неактивны [3], а гемолитическая активность тритерпеновых гликозидов других рядов к настоящему времени практически не изучалась.

В отношении структурных факторов в агликонах β -амиринового ряда было высказано предположение, что для проявления гемолитической активности важно наличие полярных заместителей в кольце А и умеренно полярных групп в кольцах D и E [5], хотя наличие большого числа свободных гидроксильных групп в кольцах D и E ведет к снижению гемолитической активности. В отношении углеводной части гликозидов также было отмечено, что общее увеличение полярности ведет к снижению гемолитической активности, так что монозиды более активны чем биозиды, и удлинение линейной углеводной цепи ведет к снижению активности,

однако разветвление углеводной цепи вызывает повышение гемолитической активности, хотя здесь имеются и исключения [6].

Механизм гемолитического действия тритерпеновых гликозидов является предметом постоянного внимания исследователей, хотя основные черты его уже достаточно однозначно установлены [7]. Его основные этапы включают адсорбцию гликозидов на мембранах эритроцитов [8], образование комплексов со стеринами (холестерином) мембран [9, 10], приводящее к реорганизации структуры мембран [11] с образованием в начале неселективных пор (каналов), вызывающих выход ионов K^+ , а затем при большей концентрации гликозидов и пор (каналов) большого размера, позволяющих выход из эритроцитов УФ-поглощающих веществ [12]. Следствием этих процессов является полное разрушение эритроцитов и выход гемоглобина и других клеточных компонентов в окружающую среду.

Несмотря на значительную изученность вопроса о гемолитическом действии сапонинов мы провели определение этого вида активности у значительного числа выделенных из видов аралиевых тритерпеновых гликозидов. Это объясняется с одной стороны тем, что определение данного вида активности выполняется наиболее просто и наиболее точно, поскольку эксперименты проводятся на отдельных клетках, а продукт гемолиза – гемоглобин легко и точно определяется спектрофотометрически. С другой стороны, данный вид активности хорошо коррелирует с большинством других видов биологической активности, в основе которых лежит действие гликозидов на клеточные мембраны и как результат на организм в целом – цитостатической, цитотоксической, аллелопатической, нейротропной, спермицидной, антибактериальной, антифунгальной, антигельминтной и рядом других.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение гемолитической активности тритерпеновых гликозидов *in vitro* проводили по методике [4], используя 1% суспензию эритроцитов крови свиньи в изотоническом фосфатном буфере (смесь 300 мл 0,1 М раствора NaH_2PO_4 и 200 мл 0,1 М раствора Na_2HPO_4) при значении pH 7,0. Гликозиды растворяли в том же фосфатном буфере. В эксперименте смешивали одинаковые объемы раствора гликозида и суспензии эритроцитов. Смесь выдерживали 30 минут при комнатной температуре. Негемолизированные эритроциты удаляли из смеси центрифугированием при 3000 об/мин. Концентрацию гемоглобина в супернатанте определяли фотометрически при λ_{max} 577 нм и оптической толщине слоя в 1 см. Определялись молярные концентрации гликозидов, вызывающие 50% гемолиз эритроцитов (HC_{50}). Полному гемолизу, достигавшемуся высокими концентрациями препарата "Saponin" (не приводящими к дальнейшему возрастанию оптической плотности) соответствовало значение $D=0,82$ (в максимуме полосы поглощения), а 50% гемолизу – 0,41.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение гемолитической активности гликозидов проводили на изолированных эритроцитах свиной крови, отмытых от белков плазмы. Все эксперименты по определению гемолитической активности выполнялись с использованием суспензии эритроцитов и растворов гликозидов в изотоническом фосфатном буфере при рН 7,4 (рН плазмы крови и многих биологических жидкостей), поскольку выяснилось, что гемолитическая активность гликозидов очень сильно зависит от рН среды. В качестве меры гемолитической активности определялась концентрация гликозида (HC_{50}), вызывающая 50%-ный гемолиз в течение 15-20 минут.

Отметим, что, как и следовало ожидать, все исследованные бисдесмозидные гликозиды не проявили какой-либо гемолитической активности в концентрациях вплоть до 10⁻¹ моль/л. В Табл. 1 приведены результаты определения гемолитической активности выделенных или полученных щелочным гидролизом мондесмозидных тритерпеновых гликозидов с углеводной цепью по гидроксильной группе у С-3 атома агликона.

Прежде всего рассмотрим зависимость гемолитической активности от структуры агликонной части гликозида. В ходе работы были выделены и протестированы гликозиды лупанового, α -амиринового (урсанового) и β -амиринового (олеананового) рядов. К сожалению, все выделенные нами гликозиды лупанового ряда не имеют углеводной цепи по С-3 атому агликона, так что определение гемолитической активности их прогенинов (агликонов) в эксперименте *in vitro* не представляется возможным ввиду низкой растворимости. Однако для оценки гемолитической активности производных лупанового ряда мы синтезировали достаточно хорошо растворимый 3-сульфат бетулиновой кислоты, встречающийся в видах рода *Schefflera*, путем сульфатирования бетулиновой кислоты комплексом SO_3-Py в пиридине предложенным нами методом. Полученный продукт был гемолитически неактивным, что свидетельствует об отсутствии гемолитической активности у гликозидов всего лупанового ряда, поскольку наличие заместителей в агликонной части обычно лишь ослабляет гемолитическую активность.

Выделенный 3-О-арабинопиранозид 27-гидроксиурсоловой кислоты не проявил даже слабой гемолитической активности. Аналогично, оказался неактивным и синтезированный 3-сульфат урсоловой кислоты. Изомерные смеси эквимольных по данным ЯМР количеств 3-О-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-О-арабинопиранозидов олеаноловой и урсоловой кислот (**15** и **13**) показали активность примерно вдвое меньшую, чем соответствующий чистый гликозид олеаноловой кислоты. Таким образом очевидно, что производные α -амиринового ряда также, как и лупанового ряда, гемолитически не активны. Из литературных данных следует, что и гликозиды даммаранового ряда не проявляют гемолитической активности [4].

Подавляющее число протестированных гликозидов β -амиринового ряда, в отличие от гликозидов вышеперечисленных рядов, в той или иной степени проявляют гемолитическую активность. Это сразу позволило сделать вывод, что одним из необходимых условий для проявления гемолитической активности является наличие шестичленного пятого кольца E (в отличие от пятичленного в агликонах лупанового

ГЕМОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ...

ряда или его отсутствия в агликонах даммаранового ряда) и присутствие в нем у атома С-20 гем-диметильной группировки (в отличие от виц-диметильной группировки у атомов С-19 и С-20 в агликонах α -амиринового ряда). Интересно отметить, что отсутствие одной из гем-диметильных групп в гликозидах 30-нортритерпеноидов (30-норолеаноловой кислоты и 30-норхедедерегина), формально также относящихся к β -амириновому ряду, приводит к полной потере гемолитической активности.

Таблица 1
Концентрации тритерпеновых гликозидов, вызывающие 50%-ный гемолиз (НС₅₀) и их относительная гемолитическая активность

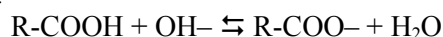
Соединение	Структура	(НС ₅₀), мкмоль/л	Относительная активность, %
1	Ara→ ³ UrsA	-	0
2	Ara→ ³ OleanA	4,0	150
3	Ara→ ³ EchinA	4,0	150
4	Ara→ ³ Hed	4,9	120
5	Glc→ ³ Eryt	-	0
6	Glc→ ³ OleanA	8	75
7	Glc→ ³ Hed	15	40
8	GlcUA→ ³ OleanA	16	37
9	GlcUA→ ³ Hed	28	21
10	-O ₃ S→ ³ OleanA	20	30
11	-O ₃ S→ ³ EchinA	46	13
12	-O ₃ S→ ³ BetA	-	0
13	Rha→ ² Ara→ ³ UrsA	-	0
14	Rha→ ² Xyl→ ³ OleanA	6,0	100
15	Rha→ ² Ara→ ³ OleanA	3,0	200
16	Rha→ ² Ara→ ³ EchinA	5,0	120
17	Rha→ ² Ara→ ³ Hed	6,0	100
18	Rha→ ² Ara→ ³ Caul	30	20
19	Rha→ ² Ara→ ³ nor-Hed	-	0
20	Glc→ ² Ara→ ³ OleanA	10	60
21	Glc→ ² Ara→ ³ Hed	20	30
22	Glc→ ³ Ara→ ³ OleanA	30	20
23	Glc→ ³ Ara→ ³ nor-OleanA	-	0
24	Glc→ ² Glc→ ³ Eryt	-	0
25	Glc→ ² Glc→ ³ OleanA	10	60
26	Glc→ ² Glc→ ³ Hyps	40	15

Продолжение Таблицы 1

Соединение	Структура	(НС50), мкмоль/л	Относительная активность, %
27	Glc→ ² Glc→ ³ Hed	60	10
28	Rha→ ² Glc→ ³ Hed	8	75
29	Gal→ ² GlcUA→ ³ Hed	50	12
30	Xyl→ ³ Rha→ ² Ara→ ³ Hed	10	60
31	Glc→ ² Gal→ ² GlcUA→ ³ Hed	60	10
32	Glc→ ⁴ Xyl→ ³ Rha→ ² Ara→ ³ Hed	10	60
33	[Glc→ ⁴]-[Rha→ ²]-Ara→ ³ OleanA	1,0	600
34	[Glc→ ⁴]-[Rha→ ²]-Ara→ ³ Hed	4,0	150
35	[Glc→ ³]-[Gal→ ²]-Ara→ ³ OleanA	18	33
36	[Rha→ ⁴ Glc→ ⁴]-[Rha→ ²]-Ara ³ OleanA	4,0	150

Примечание. В данной таблице использованы условные обозначения: UrsA – урсоловая кислота; OleanA – олеаноловая кислота; EchinA – эхиноцистовая кислота; BetA – бетулиновая кислота; Hups – гипсогенин; Hed – хедерагенин; Caul – каулофиллогенин; Eryt – эритродиол; nor-OleanA – 30-норолеаноловая кислота; nor-Hed – 30-норхедагенин.

Еще одним принципиальным фактором для проявления гемолитической активности в гликозидах β-амиринового ряда является наличие карбоксильной группы у С-17, поскольку гликозиды эритродиола с первичноспиртовой группой у С-17 оказались гемолитически неактивными. Однако карбоксильная группа не должна участвовать в образовании ацилгликозидной связи (что осуществляется в бисдесмозидных гликозидах), поскольку в этом случае даже при наличии одного моносахаридного остатка гемолитическая активность полностью исчезает. Более того, гемолитическую активность гликозидам придает именно недиссоциированная форма карбоксильной группы у С17, так как было обнаружено, что при увеличении рН тест-системы гемолитическая активность закономерно уменьшалась, что, несомненно, связано с уменьшением доли недиссоциированной формы вследствие сдвига равновесия вправо:



Из других структурных факторов в агликонах β-амиринового ряда в серии изученных гликозидов следует отметить влияние модификаций гем-диметильной группировки у С-4 (метильные группы С-23 и С-24) в кольце А. Так, сопоставление гемолитической активности гликозидов олеаноловой кислоты, гипсогенина и хедерагенина с одинаковыми углеводными частями по С-3 атому агликона приводит к выводу что гемолитическая активность не исчезает, но закономерно убывает при изменении характера группы С-23 в ряду: -CH₃, -CHO, -CH₂OH. Очевидно, здесь имеет значение не степень окисленности атома С-23, а увеличение полярности этой группы. К снижению гемолитической активности приводит и введение гидроксильной группы в кольцо D. Так, гликозиды эхиноцистовой кислоты с 16-α-ОН группой

гемолитически менее активны соответствующих гликозидов олеаноловой кислоты, но несколько более активны, чем соответствующие гликозиды хедерагенина. Очевидно, здесь также имеет значение полярность дополнительной группы, поскольку вторичноспиртовая 16- α -ОН группа менее полярна, чем первичноспиртовая 23-ОН группа. Та же закономерность прослеживается и при наличии в агликоне двух гидроксильных групп у С-23 и С-16 в гликозидах каулофиллогенина, которые оказались еще менее активны, чем соответствующие гликозиды хедерагенина.

К сожалению, в агликонах выделенных нами гликозидов нет гидроксильных или иных групп в кольцах В, С и Е, но с учетом полученных и вышеприведенных литературных данных можно утверждать, что наличие полярных групп в агликонной части закономерно приводит к уменьшению гемолитической активности и предположить, что их локализация не имеет принципиального значения. Можно также предположить, что, несмотря на определенное снижение гемолитической активности, при введении полярных групп заметно повышается растворимость гликозидов, что может иметь не менее важное значение в биологических системах.

Таким образом, из сравнительного анализа полученных результатов можно заключить, что для проявления гемолитической активности в тритерпеновых гликозидах необходимо наличие в агликонной части пятого шестичленного кольца Е с гем-диметильной группой у С-20 и наличие свободной карбоксильной группы у С-17. Введение дополнительных группировок в различные положения агликонной части не устраняет гемолитическую активность, но ведет к ее ослаблению с увеличением общей полярности введенных групп.

Рассмотрим влияние моносахаридного состава и структуры углеводной цепи по С-3 атому агликона на проявление гемолитической активности. Прежде всего, отметим, что наиболее активными оказались гликозиды с одним моносахаридным остатком, а при увеличении их до четырех в линейной (неразветвленной) цепи активность закономерно снижалась. Это наблюдение, сделанное нами для гликозидов олеаноловой кислоты и хедерагенина, несколько противоречит данным авторов [13], которые пришли к выводу, что в тритерпеновых гликозидах голотурий наиболее гемолитичны гликозиды с линейным тетрасахаридным фрагментом по С-3 атому агликона. Не исключено, что причина этого – существенно иной тип агликонных частей (циклоланостановые) и природа входящих моносахаридных остатков.

Поскольку исследованные гликозиды с одним моносахаридным остатком по С-3 агликона наиболее активны, а удлинение цепи лишь ослабляет активность, то понятно, что природа моносахаридного остатка, непосредственно связанного с агликоном оказывает наиболее сильное влияние на активность как монозидов, так и гликозидов с более сложной по строению углеводной цепью. Так в случае наличия у С-3 одного моносахаридного остатка или остатка серной кислоты гемолитическая активность возрастает в ряду 3-сульфаты < глюкоуроноиды < глюкозиды < арабинозиды (\approx ксилозиды). При этом четко прослеживается зависимость активности прежде всего от полярности остатка, а не от его химической природы или стереохимических особенностей. Для производных хедерагенина в выше приведенном ряду активность возрастает примерно на порядок. К сожалению, не удалось определить гемолитическую активность для арабинозида олеаноловой

кислоты и его еще менее полярных 2-, 3- и 4-О-ацетилпроизводных в виду их недостаточной растворимости. Однако из вышеприведенных наблюдений она должна быть очень высокой, и не исключено, что для проявления активности этих соединений *in vivo* растворимость в воде не имеет столь принципиального значения.

Дисахаридные фрагменты по С-3 атому агликонов наиболее часто встречаются в выделенных гликозидах. При этом вторым (концевым) моносахаридным остатком обычно является рамноза или глюкоза (реже галактоза) обычно с 1→2-типом связи. Как было отмечено выше, добавление второго моносахаридного остатка всегда уменьшает активность, однако в случае концевого менее полярного остатка 6-дезоксигексозы (рамнозы) это падение активности незначительно, а в случае концевого остатка более полярной гексозы (глюкозы или галактозы) – существенно больше. Качественно такая же закономерность прослеживается и по влиянию третьего (линейного) моносахаридного остатка, когда концевой остаток рамнозы лишь незначительно уменьшает активность, заметнее влияние концевого более полярного остатка пентозы (ксилозы) и еще несколько больше влияние третьего остатка гексозы (глюкозы). Однако в общем эффект от введения третьего линейного моносахаридного остатка заметно слабее, чем от второго. Добавление же четвертого линейного моносахаридного остатка (глюкозы в гликозиде **32**) практически не влияет на гемолитическую активность гликозида. Отметим также, что, несмотря на определенное уменьшение активности при увеличении длины углеводной цепи, существенно повышается растворимость гликозидов, что, возможно, имеет в биологических системах не мене важную роль (с точки зрения транспорта действующих веществ) или же компенсирует падение активности за счет возможного увеличения действующей концентрации.

Интересно отметить, что разветвление углеводной цепи у первого моносахаридного остатка арабинозы путем добавления остатка глюкозы с 1→4-типом гликозидной связи (при наличии остатка 1→2-связанной рамнозы) приводит к очень существенному увеличению гемолитической активности как в гликозидах олеаноловой кислоты, так и хедерагенина. Этот факт не может быть объяснен с точки зрения суммарной полярности имеющихся заместителей. Возможно, что в данном случае существенно меняется способность гликозида к адсорбции на поверхности мембран эритроцитов в связи с принципиальным изменением структуры углеводной цепи в непосредственной близости к агликонной части. Однако наличие дополнительного остатка глюкозы с 1→3 типом связи (и остатка 1→2-связанной галактозы) в разветвленном трисахаридном фрагменте гликозидов олеаноловой и эхиноцистовой кислот приводит, как и ожидалось, к существенному снижению активности.

ВЫВОД

В итоге можно заключить, что из структурных факторов углеводной цепи на гемолитическую активность оказывают влияние прежде всего полярность непосредственно связанного с агликоном моносахаридного остатка, а также полярность и число наиболее близких дополнительных углеводных остатков, так

что за исключением случая 1→2, 1→4-разветвленных углеводных цепей увеличение суммарной полярности ведет к снижению гемолитической активности.

Список литературы

1. Kobert R. Ueber Quillajasaur. Ein Beitrag zur Kenntnis der Saponin-gruppe / R. Kobert // Arch. Exper. Pathol. Pharmacol. – 1887. – Vol. 23. – P. 233–272.
2. Еляков Г.Б. Терпеноиды морских организмов / Г.Б. Еляков, В.А. Стоник. – М.: Наука, 1986. – 272 с.
3. Fundamental studies on the evaluation of the crude drugs (I). Hemolytic and its protective activity of Ginseng saponins / T. Namba, M. Yoshizaki, T. Tomimori [et al] // Planta Medica. – 1974. – Vol. 25. – P. 28–38.
4. Triterpenoid glycosides from the roots of *Tetrapanax papyrifera* K. Koch. Part 2. Structure of new glycosides / S. Takabe, T. Takeda, Y. Ogihara [et al] // J. Chem. Res. (S). – 1981, № 1. – P. 16.
5. Schlosser E. Über die Strukturspezifität der Saponin-hamolyse I. Triterpensaponine und aglykone / E. Schlosser, G. Wulff // Z. Naturforsch. – 1969. – B. 24b. – S. 1284–1290.
6. Romussi G. Hemolytic action and surface activity of triterpene saponins from *Anchusa officinalis* L. Part 2: on the constituents of Boraginaceae / G. Romussi, S. Cafaggi, G. Bignardi // Pharmazie. – 1980. – Vol. 35. – P. 498–499.
7. Anisimov M.M. Die biologische Bewertung von Triterpenglykoside / M.M. Anisimov, V. Ya. Chirva // Pharmazie. – 1980. – B. 35. – S. 731–738.
8. Nose M. Effects of saikosaponin metabolites on the hemolysis of red blood cells and their adsorbability on the cell membrane / M. Nose, S. Amagaya, Y. Ogihara // Chem. Pharm. Bull. – 1989. – Vol. 37. – P. 3306–3310.
9. Образование комплекса тритерпенового гликозида голотурина А с холестерином в липосомальных мембранах / Г.Н. Лихацкая, Т.П. Яровая, В.С. Руднев [и др.] // Биофизика. – 1985. – Т. 30. – С. 358–359.
10. Роль стероидов в мембранотропной активности тритерпеновых гликозидов / А.М. Попов, Н.И. Калиновская, Т.А. Кузнецова [и др.] // Антибиотики. – 1983. – Т. 28. – С. 65–69.
11. Влияние тритерпеновых гликозидов на стабильность бислойных липидных мембран, содержащих различные стероиды / А.М. Попов, Ю.Г. Ровин, М.М. Анисимов [и др.] // Биофизика. – 1982. – Т. 27. – С. 827–831.
12. Особенности мембранной активности некоторых тритерпеновых гликозидов / А.М. Попов, М.М. Анисимов, А.С. Иванов [и др.] // Антибиотики. – 1982. – Т. 26. – С. 276–280.
13. Калинин В.И. Химическая морфология: тритерпеновые гликозиды голотурий / Калинин В.И., Левин В.С., Стоник В.А. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 284 с.

Гришковець В.І. Гемолітична активність тритерпенових глікозидів родини аралієвих / **В.І. Гришковець, І.І. Довгий, Л.О. Яковішин** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 268-275.

Вивчено гемолітичну активність тритерпенових глікозидів родини аралієвих. Виявлено структурні чинники (природа аглікона і вуглеводного ланцюгу) що впливають на рівень активності.

Ключові слова. тритерпенові глікозиди, гемолітична активність, родина аралієвих.

Grishkovets V.I. Haemolytic activity of triterpene glycosides of *Araliaceae* family./ **V.I. Grishkovets I.I. Dovgyu, L.A. Yakovishin** // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 268-275.

Haemolytic activity of triterpene glycosides of *Araliaceae* family was studied. The features of structure (aglycon and carbohydrate chain) what have an impact on the level of activity were determined.

Keywords. triterpene glycosides, haemolytic activity, *Araliaceae* family.

Поступила в редакцию 20.09.2010 г.

УДК 547.459.5:547-316

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К 4,6-О-БЕНЗИЛИДЕНИРОВАНИЮ N-АЦЕТИЛ-D-ГЛЮКОЗАМИНА В СРЕДЕ АПРОТОННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Гунчак С.А., Пертель С.С., Какаян Е.С., Чирва В.Я.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: orgchem@crimea.edu*

Предложены два новых метода получения вещества, широко используемого в синтетической химии углеводов – 2-ацетамидо-4,6-О-бензилиден-2-дезоксид-*D*-глюкопиранозы, на основе прямого бензилиденирования *N*-ацетил-*D*-глюкозамина в среде полярных апротонных растворителей с использованием диметилацетата бензальдегида в качестве бензилиденирующего агента в присутствии мягкого кислотного катализатора – перхлората пиридиния.

Ключевые слова: *N*-ацетил-*D*-глюкозамин, 4,6-О-бензилиденирование, 2-ацетамидо-4,6-О-бензилиден-2-дезоксид-*D*-глюкопираноза, диполярные апротонные растворители, аномерное соотношение.

ВВЕДЕНИЕ

2-ацетамидо-4,6-О-бензилиден-2-дезоксид-*D*-глюкопираноза **2** широко используется в химии углеводов в качестве промежуточного продукта в синтезе *O*-алкилированных [1, 2] и *O*-ацилированных [3] производных *N*-ацетил-*D*-глюкозамина, для получения *O*-гликозаминидов [1, 2], 4,6-О-бензилиденированных оксазолиновых производных *D*-глюкозамина [4, 5], гликозил-акцепторов [6, 7], *S*-гликозидов [8-13], а также как промежуточный продукт в синтезе производных нейраминовой кислоты [14, 15]. Кроме того, соединение **2** может использоваться для синтеза гликозидов методом аномерного *O*-алкилирования и при помощи трихлорацетимидатного метода [16].

Бензилиденное производное **2** впервые было получено Масамунэ с сотр. [1], а также Ротом и Пигменом [2] при использовании в качестве бензилиденирующего агента бензальдегида в присутствии безводного хлорида цинка. Однако, необходимость применения большого избытка реагентов для смещения равновесия в сторону продуктов, при отсутствии легколетучего соразтворителя, затрудняет обработку реакционной смеси, а также выделение целевого вещества. Так, в оригинальной методике [2] предусматривается очистка 2-ацетамидо-4,6-О-бензилиден-2-дезоксид-*D*-глюкопиранозы **2** путем перекристаллизации 10,3 г сырого продукта из 5 л воды в течение длительного времени. Высокие выходы (92%), о которых сообщалось в работе [2], не воспроизводятся в работах других авторов, даже в условиях ультразвуковой обработки реакционной смеси, как показано Бонсом и др. [7]. Воспроизведение методики Рота и Пигмена в нашей лаборатории

привело к получению соединения **2** с тем же умеренным выходом (58%), что и в работе [7].

Обычно бензилиденирование производных углеводов проводится в среде этилацетата или ацетонитрила. Например, 4,6-О-бензилиденное производное N-ацетил-D-галактозамина синтезируют путем взаимодействия N-ацетил-D-галактозамина с диметилацеталем бензальдегида в кипящем ацетонитриле в присутствии каталитических количеств протонной кислоты [17]. В случае N-ацетил-D-глюкозамина такой подход не может быть использован, поскольку как исходное вещество, так и продукт реакции нерастворимы в указанных растворителях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для работы использовали реагенты реактивной чистоты производства компаний Aldrich и Fluka. ДМСО очищали вакуумной перегонкой над гидридом кальция. Диметилацеталь бензальдегида для очистки подвергали вакуумной перегонке над гидридом натрия. Перхлорат пиридиния синтезировали по методике [18] и хранили над P₂O₅. LiBr сушили при температуре 300 °С в течение 3 ч. Тонкослойная хроматография осуществлялась на пластинках Sorbfil с алюминиевой подложкой, покрытых силикагелем СТХ-1ВЭ (производитель – «Сорбполимер», Российская Федерация). Визуализация пятен углеводов осуществлялась путем выдерживания пластинок в парах хлорсульфоновой кислоты в течение 5 мин при комнатной температуре с последующим нагреванием до ~200 °С. Колоночная хроматография осуществлялась на силикагеле марки Silica Gel 60 (производитель – Fluka). ПМР-спектры записывались на спектрометре Varian Mercury 400 (рабочая частота 400,49 МГц). Химические сдвиги определялись относительно сигнала ТМС (δ_H 0.0). Отнесение сигналов ЯМР-спектра выполнено с помощью двумерной спектроскопии (COSY). Величины оптического вращения измерялись на поляриметре Polamat-S (Carl-Zeiss Jena).

2-Ацетамидо-4,6-О-бензилиден-2-дезоксид-Д-глюкопираноза (**2**)

Метод А. К раствору N-ацетил-D-глюкозамина (3,000 г; 13,56 ммоль) в ДМСО (18 мл) добавили диметилацеталь бензальдегида (2,53 мл; 16,92 ммоль) и перхлорат пиридиния (360 мг; 2,16 ммоль). Реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре (~ 24 °С) в течение 10 ч и периодически вакуумировали при давлении около 5 мм рт. ст. (6 раз в течение 15 мин с интервалом 1,5 ч). Через 24 ч после начала взаимодействия добавили новую порцию диметилацетала бензальдегида (5,08 мл; 33,84 ммоль), после чего продолжали перемешивание реакционной смеси и вакуумировали ее еще 6 раз в течение следующих 10 ч (по 15 мин при давлении около 5 мм рт. ст. с интервалом 1,5 ч). Ход реакции контролировался методом ТСХ (система хлороформ–метанол 10:1). После завершения реакции к полученному раствору добавили бензол (360 мл) и выдерживали смесь в течение 12 ч при комнатной температуре. Осадок отфильтровали и промыли бензолом. К полученному веществу добавили 5-процентный водный раствор гидрокарбоната натрия (60 мл) и перемешивали смесь в течение 2 ч, осадок отфильтровали, промыли водой и сушили около 5 ч при 25 °С до постоянной массы. Выделено 3320

мг соединения **2** в виде смеси аномеров 2:3 (α : β) (по данным ^1H -ЯМР), чистота которого была подтверждена методами ТСХ и ПМР. Бензольный маточный раствор и жидкость после промывания осадка упарили при пониженном давлении. Остаток соупарили с ксилолом для удаления ДМСО и непрореагировавшего диметилацеталя бензальдегида. Сухой остаток поделили на хроматографической колонке с силикагелем (градиентное элюирование в системе хлороформ \rightarrow хлороформ–этанол (100:8)) и получили дополнительно 270 мг соединения **2**. Общий выход **2** составил 3,590 г (86%).

Метод Б. Смесь N-ацетил-D-глюкозамина (1,000 г; 4,50 ммоль); диметилацеталя бензальдегида (1,36 мл; 9,10 ммоль), перхлората пиридиния (150 мг; 0,90 ммоль) и бромида лития (1,000 г; 11,51 ммоль) и ацетонитрила (15 мл) кипятили с обратным холодильником до растворения осадка (~ 35 мин). Ход реакции контролировался методом ТСХ (система хлороформ–метанол 10:1). После завершения реакции смесь упарили досуха при пониженном давлении и поделили сухой остаток на хроматографической колонке с силикагелем (градиентное элюирование в системе хлороформ \rightarrow хлороформ–этанол (100:8)). Выход продукта **2** составил 1,018 г (73%).

$[\alpha]_{546}^{25} +55.9^\circ$ (*c* 2, Ру, завершение мутаротации через 48 ч). Лит. [2]: $[\alpha]_{\text{D}} +38.2^\circ$ (*c* 1, Ру, завершение мутаротации через 24 ч).

^1H -ЯМР (ДМСО-*d*₆), α -аномер: δ 1.87 (s, 3 H, CH₃CO), 3.36-3.46 (m, 1 H, H-6a), 3.65-3.81 (m, 3 H, H-6b+H-3+H-2), 3.88 (ddd, 1 H, $J_{5,6a}$ 9.5 Hz, $J_{5,6b}$ 9.5 Hz, $J_{5,4}$ 5 Hz, H-5), 4.12 (dd, 1 H, $J_{4,3}$ 10 Hz, H-4), 4.87 (bd, 1 H, $J_{\text{OH},3}$ 5 Hz, OH-3), 4.98 (bt, 1 H, $J_{1,2}$ 3 Hz, H-1), 5.54 (s, 1 H, PhCH), 6.59 (bd, 1-H, $J_{\text{OH},1}$ 4 Hz, OH-1), 7.31-7.54 (m, 5 H, Ph), 7.61 (d, 1 H, $J_{\text{NH},2}$ 8 Hz, NH);

β -аномер: δ 1.87 (s, 3 H, CH₃CO), 3.32 (ddd, 1 H, $J_{5,6a}$ 9 Hz, $J_{5,6b}$ 9 Hz, $J_{5,4}$ 5 Hz, H-5), 3.36-3.46 (m, 2 H, H-2+H-6a), 3.60 (ddd, 1 H, $J_{3,2}$ 9 Hz, $J_{3,\text{OH}}$ 5 Hz, H-3), 3.65-3.81 (m, 1 H, H-6b), 4.19 (dd, 1 H, $J_{4,3}$ 10 Hz, H-4), 4.60 (dd, 1 H, $J_{1,2}$ 8 Hz, H-1), 5.06 (bd, 1 H, OH-3), 5.54 (s, 1 H, PhCH), 6.57 (bd, 1-H, $J_{\text{OH},1}$ 7 Hz, OH-1), 7.31-7.54 (m, 5 H, Ph), 7.81 (d, 1 H, $J_{\text{NH},2}$ 8 Hz, NH).

Данные ЯМР для соединения **2** были также опубликованы в работе [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что N-ацетил-D-глюкозамин растворяется в некоторых высокополярных апротонных растворителях, таких как ДМСО. Кроме того, в присутствии солей лития, способных образовывать устойчивые комплексы со спиртовыми гидроксильными сахарами [19], возможно растворение этого соединения и в менее полярных средах, таких как ацетонитрил. Мы предположили, что применение таких сред позволит осуществить бензилиденирование N-ацетил-D-глюкозамина в растворе. С другой стороны, использование более реакционноспособного по сравнению с бензальдегидом бензилиденирующего агента, например, диметилацеталя бензальдегида, дает возможность провести реакцию в присутствии меньшего количества менее кислотного катализатора.

Экспериментальная проверка сделанных предположений привела к разработке двух новых методик синтеза соединения **2** в среде полярных апротонных растворителей (ДМСО и CH_3CN) с использованием диметилацетала бензальдегида в качестве бензилиденирующего агента, в присутствии мягкого кислотного катализатора – перхлората пиридиния. Схема реакций представлена на рис. 1. При использовании ДМСО, для увеличения выхода целевого циклического ацетала равновесие смещали в сторону продуктов, удаляя образующийся метанол путем периодического вакуумирования реакционной среды. Следует отметить, что необходимо контролировать общую продолжительность вакуумирования, поскольку углубление реакции на высоких степенях завершенности приводит к образованию ряда побочных продуктов. Производное **2** удалось изолировать из реакционной среды без отгонки труднолетучего ДМСО и хроматографической очистки сырого продукта, путем кристаллизации из смеси ДМСО–бензол с последующей обработкой водным раствором гидрокарбоната натрия. В этих условиях бензилиденное производное **2**, чистота которого была подтверждена данными ТСХ и ^1H -ЯМР, было выделено с выходом 83%. Дополнительная хроматографическая очистка остатка, полученного упариванием маточного раствора, увеличивает выход **2** до 86%. Как оказалось, кристаллизация бензилиденного производного **2** из смеси ДМСО–бензол дает целевой продукт с аномерным соотношением 2:3 (α : β), в то время как хроматографирование вещества **2** на колонке с силикагелем в системе хлороформ \rightarrow хлороформ–этанол (100:8) позволяет получить чистый α -аномер.

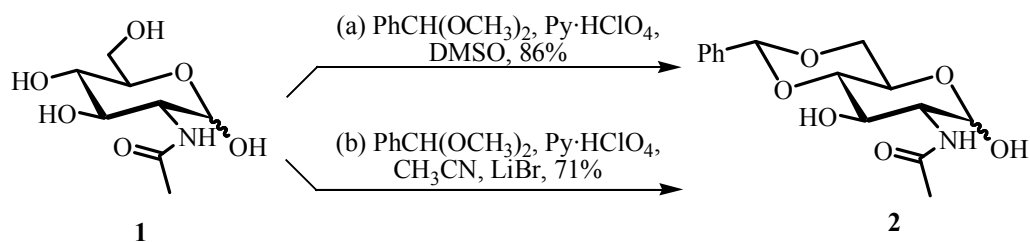


Рис. 1. 4,6-О-бензилиденирование N-ацетил-D-глюкозамина диметилацеталем бензальдегида в среде полярных апротонных растворителей.

В среде ацетонитрил–бромид лития производное **2** удалось синтезировать с выходом 71%. Как оказалось, исходный N-ацетил-D-глюкозамин легко растворяется в ацетонитриле в присутствии 2,6 экв LiBr и быстро взаимодействует (30 мин) с бензилиденирующим агентом в присутствии каталитических количеств перхлората пиридиния при нагревании до температуры кипения растворителя. Определенным недостатком этого метода является необходимость хроматографической очистки продукта реакции для отделения целевого вещества от бромида лития, образующего с ним довольно прочный комплекс.

ВЫВОДЫ

1. Предложены два новых метода получения 4,6-О-бензилиденового производного N-ацетил-D-глюкозамина в среде полярных апротонных растворителей, с использованием в качестве ацетилирующего агента диметилацетала бензальдегида в присутствии мягкого кислотного катализатора – перхлората пиридиния.
2. Показано, что высокий выход целевого продукта может быть достигнут за счет смещения равновесия реакции бензилиденирования, осуществляемой в среде ДМСО, путем многократного вакуумирования реакционной смеси.
3. Установлено, что бензилиденное производное 2 может быть получено в чистом виде путем перекристаллизации из смеси ДМСО–бензол без применения хроматографической очистки сырого продукта.
4. Показано, что проведение реакции в среде ацетонитрил–бромид лития позволяет получить целевой продукт с хорошим выходом, при сокращении времени взаимодействия до 30 мин.

Список литературы

1. Masamune H. Biochemical Studies on Carbohydrates. CCXVIII. N-Acetyl-4,6-benzylidene-glucosamine / H. Masamune, T. Okuyama, H. Sinohara // *Tohoku J. Exptl. Med.* – 1958. – V. 68, N. 2. – P. 181-184.
2. Roth W. Glycosides of 2-Acetamido-2-deoxy-D-glucosamine and Benzylidene Derivatives / W. Roth, W. Pigman // *J. Am. Chem. Soc.* – 1960. – V. 82. – P. 4608-4611.
3. Hung Sh.-Ch. Regioselective and Stereoselective Benzoylation of 2-N-Protected 4,6-O-Ketal Derivatives of D-glucosamines with 1-(Benzoyloxy)benzotriazole / Sh.-Ch. Hung, S.R. Thopate, Ch.-Ch. Wang // *Carbohydr. Res.* – 2001. – V. 330. – P. 177-182.
4. Abdel-Malik M.M. Reactions on Phenyl Chlorosulfate at OH-1, -4, and -6 of Aldohexopyranose Derivatives. Formation of 1,2-Oxazoline and 4,6-Cyclic Sulfate Rings / M.M. Abdel-Malik, A.S. Perlin // *Carbohydr. Res.* – 1989. – V. 189. – P. 123-133.
5. Palladium-Catalyzed Asymmetric Allylic Substitution Reactions Using New Chiral Phosphinite – Oxazoline Ligands Derived from D-Glucosamine / K. Yonehara, T.Hashizume, K. Mori [et al.] // *J. Org. Chem.* – 1999. – V. 64. – P. 9374-9380.
6. Dasgupta F. 1,3,4,6-Tetra-O-acetyl-2-chloroacetamido-2-deoxy-β-D-glucopyranose as a Glycosyl Donor in Syntheses of Oligosaccharides / F. Dasgupta, L. Anderson // *Carbohydr. Res.* – 1990. – V. 202. – P. 239-255.
7. Synthesis and Biological Evaluation of a Lipid A Derivative That Contains an Aminogluconate Moiety / B. Santhanam, M.A. Wolfert, J.N. Moore [et al.] // *Chem. Eur. J.* – 2004. – V. 10. – P. 4798-4807.
8. C-Glycosidic Analogs of Lipid A and Lipid X: Synthesis and Biological Activities / H. Vyplel, D. Scholz, I. Macher [et al.] // *J. Med. Chem.* – 1991. – V. 34. – P. 2759-2767.
9. Stereospecific Synthesis of C-(2-amino-2-deoxy-β-D-glucosyl) Compounds by Wittig-type Olefination of D-glucosamine Derivatives / A. Mbongo, C. Frechou, D. Beaupere [et al.] // *Carbohydr. Res.* – 1993. – V. 246. – P. 361-370.
10. Stereospecific Synthesis of Ethyl (2-Acetamido-2-deoxy-α-D-glucopyranosyl)-acetate / F. Nicotra, G. Russo, F. Ronchetti [et al.] // *Carbohydr. Res.* – 1983. – V. 124. – P. C5-C7.
11. Desoxy-nitrozucker. 13. Mitteilung. Herstellung ungeschützter und partiell geschützter 1-Desoxy-1-nitro-D-aldosen sowie Röntgenstrukturanalysen einiger ihrer Vertreter / D. Beer, J.H. Bieri, I. Macher [et al.] // *Helv. Chim. Acta.* – 1986. – V. 69. – P. 1172-1190.
12. Werner R.M. The C-Glycosyl Analog of an N-linked Glycoamino Acid / R.M. Werner, L.M. Williams, J.T. Davis // *Tetrahedron Lett.* – 1998. – V. 39. – P. 9135-9138.

13. Wen X. Concise and Stereocontrolled Syntheses of Phosphonate C-Glycoside Analogues of β -D-ManNAc and β -D-GlcNAc 1-O-Phosphates / X. Wen, Ph.G. Hultin // *Tetrahedron Lett.* – 2004. – V. 45. – P. 1773-1775.
14. Kuhn R. Aminozucker-Synthesen, XXV. Synthese der Lactaminsäure / R. Kuhn, G. Baschang // *Liebigs Ann. Chem.* – 1962. – V. 659. – P. 156-163.
15. Wesemann W. Synthesen von N-Acyl-neuraminsäuren, I. Rezeptoren der Neurotransmitter / W. Wesemann, F. Zilliken // *Liebigs Ann. Chem.* – 1966. – V. 695. – P. 209-216.
16. Schmidt R.R. The Anomeric O-Alkylation and the Trichloroacetimidate Method - Versatile Strategies for Glycoside Bond Formation / R.R. Schmidt // *Modern Methods in Carbohydrate Chemistry* / eds. S.H. Khan, R.A. O'Neill. – Amsterdam : Harwood Academic Publishers, 1996. – P. 20-54.
17. Dowlut M. Investigation of Nonspecific Effects of Different Dyes in the Screening of Labeled Carbohydrates against Immobilized Proteins / M. Dowlut, D.G. Hall, O. Hindsgaul // *J. Org. Chem.* – 2005. – V. 70. – P. 9809-9813.
18. Wong C.L. Metal Hydrides as Electron Donors. The Mechanism of Oxidative Cleavage with Tris(phenanthroline) Complexes of Iron (III) / C.L. Wong, R.J. Klingler, J.K. Kochi // *Inorg. Chem.* – 1980. – V. 19. – P. 423-430.
19. A One-step β -Selective Glycosylation of N-Acetyl Glucosamine and Recombinant Chitoooligosaccharides / B. Vauzeilles, B. Dausse, S. Palmier [et al.] // *Tetrahedron Lett.* – 2001. – V. 42. – P. 7567-7570.

Гунчак С.О. Нові підходи до 4,6-О-бензиліденування N-ацетил-D-глюкозаміну в середовищі апротонних розчинників / С.О. Гунчак, С.С. Пертель, О.С. Какаян, В.Я. Чирва // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 276-281.

Запропоновано два нових методи отримання сполуки, що широко застосовується в хімії вуглеводів – 2-ацетамідо-4,6-О-бензиліден-2-дезоксі-D-глюкопіранози, за допомогою прямого бензиліденування N-ацетил-D-глюкозаміну в середовищі полярних апротонних розчинників з використанням диметилацеталу бензальдегіду в якості бензиліденуючого агента у присутності м'якого кислотного каталізатора – перхлорату піридинію.

Ключові слова: N-ацетил-D-глюкозамін, 4,6-О-бензиліденування, 2-ацетамідо-4,6-О-бензиліден-2-дезоксі-D-глюкопіраноза, дипольні апротонні розчинники, аномерне співвідношення.

Gunchak S.A. New approaches to 4,6-O-benzylidenation of N-acetyl-D-glucosamine in aprotic solvent media / S.A. Gunchak, S.S. Pertel, E.S. Kakayan, V.Ya. Chirva // *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University*. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 276-281.

Two new methods of preparation of 2-acetamido-4,6-O-benzylidene-2-deoxy-D-glucopyranose, which is widely used in synthetic carbohydrate chemistry, are proposed. The methods are based on direct benzylidenation of N-acetyl-D-glucosamine in polar aprotic solvent media using benzaldehyde dimethyl acetal as benzylidenating agent in the presence of mild acidic catalyst – pyridinium perchlorate.

Keywords: N-acetyl-D-glucosamine, 4,6-O-benzylidenation, 2-acetamido-4,6-O-benzylidene-2-deoxy-D-glucopyranose, dipolar aprotic solvents, anomeric ratio.

Поступила в редакцію 17.11.2010 г.

УДК 547.822

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩИХ ПИРИДИНОВ

Кривоколыско С.Г.

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, НИЛ «Химэкс»,
Луганск, Украина
E-mail: ksg-group-lugansk@mail.ru*

При многокомпонентном взаимодействии ацетальдегида с цианоселеноацетамидом, ацетоацетанилидом и алкилгалогенидами в присутствии избытка N-метилморфолина получены производные селеносодержащих пиридинов - 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопиридины и 3-амино-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-b]пиридин.

Ключевые слова: многокомпонентный синтез, ацетальдегид, цианоселеноацетамид, ацетоацетанилид, алкилгалогениды, N-метилморфолин, 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопиридины, 3-амино-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-b]пиридин.

ВВЕДЕНИЕ

Конденсации алифатических альдегидов с цианотиоацетамидом и некоторыми метиленактивными соединениями являются удобными и до настоящего времени предпочитаемыми подходами для получения замещенных 4-алкил-3-цианопиридин-2(1H)-тионов, их частично гидрированных аналогов и производных [1-15]. Продолжая указанные исследования и учитывая практическую значимость селеносодержащих гетероциклов [16], осуществлен многокомпонентный синтез ранее неизвестных 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопиридинов (1) и 3-амино-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-b]пиридина (2).

Установлено, что взаимодействие ацетальдегида (3) с цианоселеноацетамидом (4), ацетоацетанилидом (5) и алкилгалогенидами (6) в присутствии избытка N-метилморфолина в этаноле приводит к соединениям (1) и (2) с выходами 64-72%. Образование последних является, вероятно, результатом превращения гипотетических интермедиатов (7-10) в данных условиях реакции (рис. 1).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ИК спектры регистрировали на спектрофотометре ИКС-29 в вазелиновом масле. Спектры ЯМР записывали на приборе «Bruker AM-300» (300 МГц) в ДМСO-d₆ (внутренний стандарт – TMS). Элементный анализ на C, H, N проводили на приборе «Perkin-Elmer C-, H-, N-analyser». Контроль за ходом реакции и индивидуальностью веществ осуществляли с помощью ТСХ на пластинках Silufol

UV-254 (элюент - ацетон-гексан, 3 : 5). Температуры плавления измеряли на столике Кофлера.

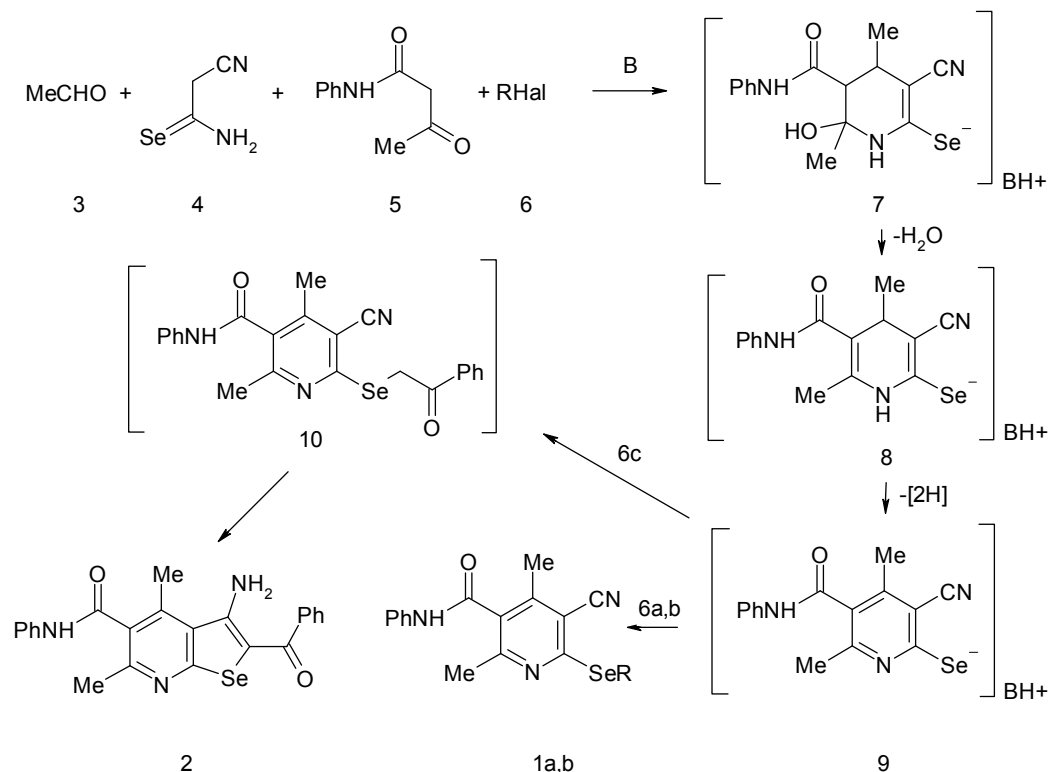


Рис.1. **a** R = Me, Hal = I; **b** R = CH₂CONH₂, Hal = Cl; **c** R = CH₂COPh, Hal = Br; B = N-метилморфолин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

2-Алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-циано-пиридин (1) и 3-амино-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-*b*]пиридин (2). Смесь 0.56 мл (10 ммоль) ацетальдегида (3), 1.47 г (10 ммоль) свежеприготовленного цианоселеноацетамида (4) [17] и 1 капли N-метилморфолина в 15 мл этанола перемешивают при 20 °С в атмосфере аргона, через 5 мин. добавляют 1.17 г (10 ммоль) анилида (5) и 1.65 мл (15 ммоль) N-метилморфолина, а еще через 15 мин. – 10 ммоль соответствующего алкилгалогенида (6). Реакционную смесь кипятят 5 мин. и отфильтровывают через складчатый бумажный фильтр,

образовавшийся в фильтрате мелкокристаллический осадок через 12 ч отделяют, последовательно промывают 15 мл этанола и 15 мл гексана.

Соединение (1a): выход 72%, т.пл. 195-198 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3250-3320 (NH), 2220 (CN), 1660 (CO). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.48 с, 2.63 с (6H, 2Me); 2.69 (3H, с, SeMe); 7.12-7.70 (5H, м, Ph); 10.41 (1H, с, NH). Найдено (%): С 55.09; Н 4.35; N 5.50. C₁₆H₁₅N₃OSe. Вычислено (%): С 55.82; Н 4.39; N 12.02.

Соединение (1b): выход 64%, т.пл. 250-253 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3150-3300 (NH, NH₂), 2225 (CN), 1630, 1660, 1720 (2CO). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.50 с, 2.66 с (6H, 2Me); 3.69 (2H, уш. с, SeCH₂); 7.12-7.70 (6H, м, Ph, NH₂); 7.88 (1H, уш. с, NH); 10.37 (1H, с, NH). Найдено (%): С 52.30; Н 4.12; N 14.42. C₁₇H₁₆N₄O₂Se. Вычислено (%): С 52.72; Н 4.16; N 14.47.

Соединение (2): выход 71%, т.пл. 263-266 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3130-3350 (NH, NH₂), 1670, 1740 (2CO). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2.45 с, 2.57 с (6H, 2Me); 7.00-7.85 (12H, м, 2Ph, NH₂); 10.45 (1H, с, NH). Найдено (%): С 60.44; Н 4.24; N 9.31. C₂₃H₁₉N₃O₂Se. Вычислено (%): С 61.61; Н 4.27; N 9.37.

ВЫВОД

Разработан многокомпонентный метод синтеза ранее неизвестных 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопиридинов и 3-амино-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-*b*]пиридина, выходы конечных продуктов составляют 64-72%.

Список литературы

1. Дяченко В.Д. Синтез и алкилирование 6-метил-5-фенилкарбамоил-3-циано-4-этилпиридин-2(1H)-тиона / В.Д. Дяченко, С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // ХГС. – 1996. – № 9. – С. 1232–1234.
2. Дяченко В.Д. Синтез и некоторые свойства 4-алкил-6-меркапто-5-циано-3,4-дигидропиридин-2(1H)-онов / С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // Изв. АН. Сер. хим. – 1997. – № 11. – С. 2016–2019.
3. Дяченко В.Д. Синтез и превращения 6-амино-3,5-дициано-4-этилпиридин-2(1H)-тиона / В.Д. Дяченко, С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // ХГС. – 1996. – № 8. – С. 1094–1098.
4. Дяченко В.Д. Синтез и алкилирование 6-амино-4-метил-3,5-дицианопиридин-2-тиолата N-метилморфолина / В.Д. Дяченко, С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // Изв. АН. Сер. хим. – 1997. – № 11. – С. 2013–2015.
5. Синтез и структура 6-амино-4-гептил-3,5-дицианопиридин-2(1H)-тиона / В.Д. Дяченко, В.Н. Нестеров, С.Г. Кривоколыско [и др.] // Изв. АН. Сер. хим. – 1997. – № 1. – С. 196–198.
6. Синтез 4-алкил-6-амино-3,5-дициано-2(1H)-пиридинтионов / В.Д. Дяченко, С.Г. Кривоколыско, В.Н. Нестеров [и др.] // ХГС. – 1997. – № 12. – С. 1655–1663.
7. Удобный метод синтеза функционально замещенных гексагидрохинолинов. Молекулярная и кристаллическая структура 4-изопропил-7,7-диметил-5-оксо-3-циано-2-цианометилтио-1,4,5,6,7,8-гексагидрохинолина / В.Д. Дяченко, В.Н. Нестеров, С.Г. Кривоколыско [и др.] // ХГС. – 1997. – № 6. – С. 785–792.
8. Дяченко В.Д. Синтез 2,6-диамино-3,5-дициано-4-этил-4H-тиопирана и его рециклизация в 6-амино-3,5-дициано-4-этилпиридин-2(1H)-тион. / В.Д. Дяченко, С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // ХГС. – 1996. – № 8. – С. 1099–1103.
9. Кривоколыско С.Г. Алифатические альдегиды в синтезе 4-алкил-5-карбамоил-6-метил-3-циано-пиридин-2(1H)-тионов / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // ХГС. – 1999. – № 2. – С. 228–229.
10. Кривоколыско С.Г. Синтез 4-изобутил-5-оксо-3-циано-1,4,5,6,7,8-гексагидрохинолин-2-тиола и его алкилирование / С.Г. Кривоколыско, В.П. Литвинов // ХГС. – 1999. – № 2. – С. 230–231.

11. Кривоколыско С.Г. Синтез и свойства 5-ацетил-4-изобутил-6-метил-3-циано-3,4-дигидропиридин-2(1H)-тиона / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // ХГС. – 1999. – № 4. – С. 516–519.
12. Кривоколыско С.Г. Синтез 4-метилтио-2-оксо-5-цианопиридин-6(1H)-тиолата натрия и его алкилирование / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // ХГС. – 1999. – № 9. – С. 1256–1257.
13. Кривоколыско С.Г. Трехкомпонентная конденсация в синтезе 4-изобутил-6-метил-3-циано-5-этоксикарбонил-3,4-дигидропиридин-2(1H)-тиона / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // Изв. АН. Сер. хим. – 1999. – № 1. – С. 166–168.
14. Кривоколыско С.Г. Синтез 4-метил-6-фенил-3-циано-5-этоксикарбонилпиридин-2(1H)-тиона и его алкилирование / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // ХГС. – 1999. – № 12. – С. 1645–1646.
15. Кривоколыско С.Г. Удобный метод синтеза замещенных 2-алкилтио-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-циано-1,4-дигидропиридинов / С.Г. Кривоколыско, В.Д. Дяченко, В.П. Литвинов // ХГС. – 2000. – № 3. – С. 345–347.
16. Литвинов В.П. Селеносодержащие гетероциклы / В.П. Литвинов, В.Д. Дяченко // Успехи химии. – 1997. – Вып. 66. – № 11. – С. 1025–1053.
17. Condensed Pyridines; 1. A Convenient Method for Synthesis of Novel 3-Cyanopyridine-2(1H)-selenones and 3-Aminoselenolo[2,3-b]pyridines / V.P. Litvinov, V.Yu. Mortikov, Yu.A. Sharanin [et al.] // Synthesis. – 1985. – P. 98–99.

Кривоколыско С.Г. Багатокомпонентний синтез похідних селеновміщуючих піридинів / С.Г. Кривоколыско // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 282-285.

При багатокомпонентній взаємодії ацетальдегіда з цианоселеноацетамідом, ацетоацетанлідом та алкилгалогенідами в присутності надлишку N-метилморфоліна отримані похідні селеновміщуючих піридинів – 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопіридини та 3-аміно-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-b]піридин.

Ключові слова: багатокомпонентний синтез, ацетальдегід, цианоселеноацетамід, ацетоацетанлід, алкилгалогеніди, N-метилморфолін, 2-алкилселено-4,6-диметил-5-фенилкарбамоил-3-цианопіридини, 3-аміно-2-бензоил-4,6-диметил-5-фенилкарбамоилселенофено[2,3-b]піридин.

Krivokolysko S.G. Multicomponent synthesis selenium containing pyridine derivatives / S.G. Krivokolysko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 282-285.

The derivatives of Se-containing pyridines, namely, 2-alkylseleno-3-cyano-4,6-dimethyl-5-phenylcarbamoylpyridines and 3-amino-2-benzoyl-4,6-dimethyl-5-phenylcarbamoylselenopheno[2,3-b]pyridine, were obtained by multi-component reaction of acetaldehyde with cyanoselenoacetamide, acetoacetanilide and alkyl halides in the presence of excessive N-methylmorpholine.

Keywords: multi-component synthesis, acetaldehyde, cyanoselenoacetamide, acetoacetanilide, alkyl halides, N-methylmorpholine, 2-alkylseleno-3-cyano-4,6-dimethyl-5-phenylcarbamoylpyridines, 3-amino-2-benzoyl-4,6-dimethyl-5-phenylcarbamoylselenopheno[2,3-b]pyridine.

Поступила в редакцію 20.10.2010 г.

УДК 615.327.074:543.422:[546.881+546.22

**СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ВАНАДИЯ(V)
ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НА КРЕМНЕЗЕМАХ С ПРИВЫТЫМИ
СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ГРУППАМИ И ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТОМНО-
АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЕЙ**

Латаева А.В.¹, Чуенко А.В.¹, Цыганович Е.А.², Трофимчук А.К.²

¹Украинский НИИ медицинской реабилитации и курортологии, Одесса, Украина

²Институт биокolloидной химии имени Ф. Д. Овчаренка НАН Украины, Киев, Украина
E-mail: lataeva@ukr.net

Установлены оптимальные условия сорбции ванадия(V) на силикагелях, химически модифицированных меркаптопропильными группами и производными тиомочевины. На основании полученных изотерм сорбции V^{+5} установлено, что на 3-меркаптопропильных силикагелях сорбируются оксокатионы и декаванадат-ионы. В работе исследовано воздействие хлорид-ионов на прямое электротермическое атомно-абсорбционное (ЭТААС) определение ванадия в минеральных водах. Указанный прием дает возможность выполнять ЭТААС анализ минеральных вод с концентрацией хлоридов до 188 г/дм^3 с нижним пределом обнаружения $0,4 \text{ мкг/дм}^3$.

Ключевые слова: ванадий, кремнезем, минеральные воды, сорбционное концентрирование.

ВВЕДЕНИЕ

Высокоминерализованные хлоридные натриевые воды (минерализация от 50 до 400 г/дм^3) очень распространены и применяются в основном в виде общих ванн, проявляя легкий тонизирующий эффект на центральную нервную систему, противовоспалительный и обезболивающий эффекты, улучшают капиллярный кровоток [1]. Во всех минеральных водах необходим контроль содержания тяжелых металлов. Это связано с тем, что токсичность тяжелых металлов и их подвижность в водной среде в значительной мере зависят от форм их существования. Наиболее токсичными являются соединения пентавалентного ванадия, они тормозят синтез жирных кислот, ингибируют ряд ферментных систем [2]. Предел допустимых концентраций ванадия в минеральных водах $0,4 \text{ мг/дм}^3$ [3].

Благодаря низкому пределу обнаружения, высокой точности и простоте аппаратного оформления ЭТААС нашла широкое применение для определения ванадия в природных объектах. Однако прямое атомно-абсорбционное определение низких содержаний тяжелых металлов в таких сложных объектах, как высокоминерализованные воды, затруднено. Это обусловлено негативным влиянием матричных компонентов [4-6].

В данной работе исследовано воздействие хлорид-ионов на прямое ЭТААС определение ванадия в минеральных водах, а также возможность устранения этого

воздействия путем предварительного концентрирования ванадия на химически модифицированных кремнеземах (ХМК). С этой целью изучена сорбция ванадия (V) из модельных растворов на силикагелях с привитыми N-аллил-N'-пропилтиомочевинными (АПТМС) и меркаптопропильными (МПС) группами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходный раствор ванадия(V) с концентрацией 1 мг/см³ готовили из NH₄VO₃ растворением точной навески с добавлением азотной кислоты для предотвращения гидролиза. Точную концентрацию ванадия(V) устанавливали титриметрическим методом – солью Мора. Растворы с меньшими концентрациями готовили разведением исходного раствора.

Необходимое значение pH создавали добавлением HNO₃, NaOH, ацетатным буферным раствором (pH 4,6) и контролировали pH-метром-милливольтметром pH-150M.

В качестве сорбентов использовали АПТМС и МПС с концентрацией привитых групп соответственно 0,3 и 0,76 ммоль/г. Сорбенты были синтезированы на основе силикагеля Silika Gel 60 фирмы “Merck” (фракция 0,06-0,16 мм, средний диаметр пор 12 нм, удельная поверхность 260 м²/г).

Сорбцию ванадия на указанных сорбентах изучали в статическом и динамическом условиях. Равновесные концентрации ванадия после сорбции определяли, используя спектрофотометрические реакции ванадия (V) с ксиленоловым оранжевым и с пероксидом водорода [7]. Содержание металла в фазе сорбента рассчитывали по разности между исходной и равновесной концентрацией в водной фазе.

В качестве объектов исследования выбраны высокоминерализованные воды различного макросостава в широком диапазоне минерализации от 25 до 318 г/дм³. Ванадий(V) в пробах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре С-115 с дейтериевым корректором фона и электротермическим атомизатором Графит-5. Атомное поглощение измеряли по резонансной линии ванадия – 318,5 нм. Исходный раствор ванадия для ЭТААС готовили из стандартного образца МСО 0030:1998 с концентрацией металла 1,00 мг/см³. В качестве нулевого раствора – 0,1 М раствор азотной кислоты. Растворы для градуировочного графика в объеме 20 мкл с помощью автоматического дозирования вводили в графитовую печь и проводили термическую обработку по заданной программе: высушивание 25 с при 90 °С, озоление 10 с при 1000 °С, атомизация 5 с при 2300-2500 °С.

Сорбционно-атомно-абсорбционное определение ванадия в модельных растворах проводили следующим образом: растворы в объеме 50 см³ пропускали через колонки с меркаптопропилсиликагелем навеской 0,1 г, со скоростью 2 см³/мин. Десорбцию ванадия проводили раствором 0,1 М азотной кислоты до объема 25 см³ [8]. Полученные растворы в объеме 20 мкл с помощью автоматического дозирования вводили в графитовую печь и проводили термическую обработку по приведенной выше программе.

Изучение влияния макрокомпонентного состава на прямое ЭТААС определение ванадия в высокоминерализованных водах проводили путем внесения

добавки солей (хлорид натрия, сульфат натрия, йодид калия, калий азотнокислый, гидрокарбонат натрия, нитрат магния, нитрат кальция) марки «ос.ч.» в диапазоне концентраций от 0,2 до 5,0 г/дм³ к стандартному раствору ванадия с концентрацией 200 мкг/дм³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При прямом ЭТААС определении ванадия в модельных системах с концентрацией солей в растворе 0,5 до 5,0 г/дм³ в основном наблюдается постепенное снижение абсорбционности, по сравнению с введенным его количеством (рис. 1).

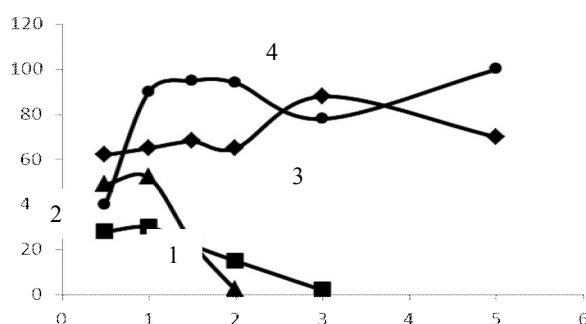


Рис.1. Зависимость абсорбционности при определении ванадия от содержания в растворе анионов: 1-SO₄²⁻, 2-I, 3- Cl, 4- HCO₃⁻.

В случае более высоких концентраций солей (свыше 2,1 г/дм³) результаты определения ванадия становятся недостоверными, так как для одного и того же образца установленный аналитический сигнал может при параллельных измерениях изменяться более чем на порядок.

Для повышения чувствительности, воспроизводимости результатов атомно-абсорбционного определения концентраций ванадия целесообразно его предварительное сорбционное концентрирование.

Влияние pH модельных растворов, из которых проводили сорбцию, на полноту извлечения ванадия (V) на АПТСС и МПС изучали в области малых концентраций ванадия в растворе (10⁻⁴ моль/дм³) и низких степеней заполнения поверхности сорбентов ионами металла (рис. 2).

Известно, что в ванадий (V) в области pH=5-8 в зависимости от его концентрации существует в основном в анионных формах – от мономерной HVO₄²⁻ до полиядерных, в частности V₁₀O₂₈⁶⁻. Доля полиядерных форм существенна даже при концентрации 10⁻⁶ моль/л ванадия (V) и достигает максимальных значений при pH, характерных для природных вод. Катионные (2 %) и нейтральные формы (3 %) обнаруживаются только в растворах с pH 3, и их содержание не зависит от концентрации ванадия, при остальных значениях pH в растворах обнаруживаются

только анионные формы [9]. Как видно из Рис. 1, ванадий количественно сорбируется на сорбентах с серосодержащими лигандами ($R = 95-99\%$) в динамических условиях из растворов с pH 3-5, при pH 6 наблюдается снижение степени сорбции ванадия до 55%.

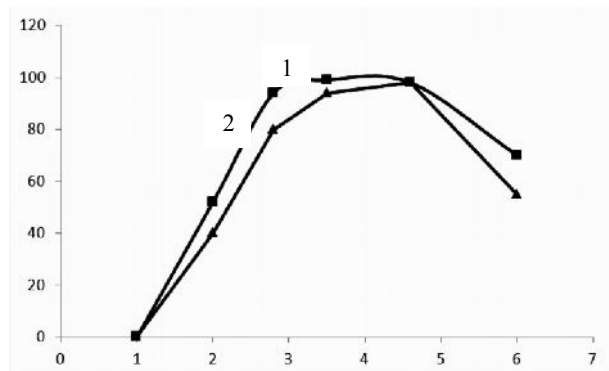


Рис. 2. Зависимость степени сорбции ванадия на АПТСС (1) и МПС (2) от pH растворов ($m_{\text{сорб.}} = 0,1 \text{ г}$, $V_{\text{р-ров}} = 25 \text{ см}^3$, $C_V = 5 \text{ мкг/см}^3$).

Для ванадия(V) не характерно комплексообразование с серосодержащими реагентами, поэтому работ, посвященных сорбции данного металла с S-донорными атомами мало. В работе [10] показано, что при взаимодействии ванадия (V) с серосодержащим волокнистым лигандом происходят окислительно-восстановительные процессы, в результате которых V^{+5} восстанавливается до VO^{2+} , а тиольные группы окисляются до дисульфидов. Сорбирующимися формами на МПС являются как оксокатионы, образующиеся в результате окислительно-восстановительных процессов, так и декаванадат-ионы, что подтверждает и характер изотермы сорбции ванадия(V) на данном сорбенте (рис.3, кр.2).

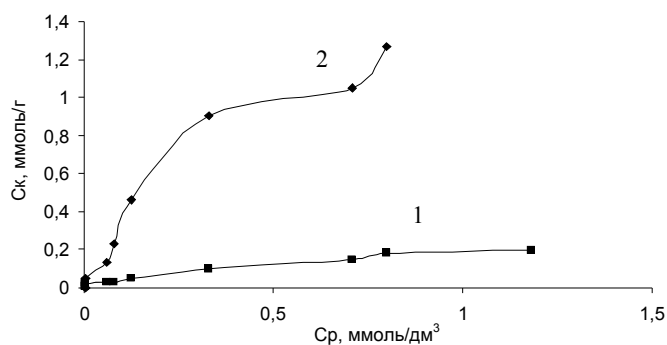


Рис. 3. Изотермы сорбции ванадия (V) на АПТСС (1) и МПС (2) ($m_{\text{сорб.}} = 0,1 \text{ г}$, $V_{\text{р-ров}} = 25 \text{ см}^3$, pH 4,6, динамические условия сорбции).

На сорбцию полиядерных частиц на поверхности МПС указывает сложный вид изотермы сорбции ванадия, при этом количество металла в твердой фазе превышает концентрацию привитых меркаптогрупп ($C_{SH} = 0,76$ ммоль/г). Первая выпуклый участок отвечает сорбции мономерных ионов, участок второго подъема - сорбции полимерных частиц. Кроме того, определенный вклад в сорбционные процессы могут вносить и остаточные силанольные группы на поверхности ХМК. Сорбция ванадия(V) на немодифицированном кремнеземе, на основе которого был синтезирован МПС, происходит при pH 4,5-5,5 и составляет 10-15% [11].

Наблюдаемая тенденция увеличения полноты сорбции ванадия с ростом его концентрации в растворе свидетельствует о большем отрицательном заряде полиядерных анионных форм по сравнению с мономерными. На аллилпропилтиомочевинном сорбенте изотерма сорбции ванадия имеет вид кривой с насыщением, емкость АПТМС по отношению к ванадию составляет 0,25 ммоль/г. Поскольку $C_L = 0,3$ ммоль/г, можно говорить о соотношении $C_L:C_M = 1:1$. Различие в сорбционном поведении ванадия(V) на исследуемых сорбентах можно объяснить тем, что на АПТМС из-за стерических затруднений вероятно сорбируются мономерные формы ванадия, поскольку объемный декаванадат-ион блокирует значительный участок (~ 2 нм²) поверхности, делая недоступными соседние комплексообразующие группы. Увеличение объема анализируемого раствора до 100 см³ приводит к ухудшению сорбции ванадия на сорбентах с привитыми серосодержащими группами (процент сорбции составляет 57 %).

Влияние хлорид-ионов на сорбцию ванадия на МПС изучали в присутствии NaCl. Установлено, что 100-кратный избыток хлорид-ионов не влияет на количественную сорбцию ванадия (степень сорбции составляет 98 %). При соотношении $C_{Cl^-}/C_{VO_3^-} = 10^3$ сорбция ванадия ухудшается, при этом R=60 %.

В опытах с модельными растворами показано, что в сорбционном атомно-абсорбционном анализе возможно определение ванадия даже при концентрации солей в растворе до 60 г/дм³ с нижним пределом обнаружения 0,4 мкг/дм³.

При внесенной концентрации ванадия 100 мкг/дм³ в высокоминерализованные воды, которую принято за 100 %, обнаружилось 40-90 % от взятого количества металла. На основании сравнения макрокомпонентного состава вод можно предположить, что существенное мешающее влияние, помимо хлорид-ионов, может оказывать содержание в них кальция. Поскольку не во всех случаях количество введенной добавки ванадия в водах зафиксировано в полном объеме, нами для устранения остаточного влияния макрокомпонентного состава высокоминерализованных вод, а также для контроля погрешности определения использован способ количественного определения ванадия по методу добавок [12]. Для этого готовили две параллельные пробы. Одну пробу в объеме 50 см³ со скоростью 0,2-0,4 см³/мин пропускали через колонку, заполненную МПС массой 0,1 г (проба без добавки). В другую пробу перед сорбцией вносили 100 мкг/дм³ ванадия (проба с добавкой). Сорбционное концентрирование проводили при pH 7-9. Затем проводили десорбцию ванадия 0,1 М HNO₃ и последующее его определение в пробе и в пробе с добавкой при одинаковых условиях. Обработку результатов

СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ВАНАДИЯ(V)...

определения концентрации ванадия X (мкг/дм³) в высокоминерализованных растворах проводили по формуле:

$$X = X_{пр.} \cdot C_{доб.} / X_{д.} - X_{пр.},$$

где:

$X_{пр.}$ – измеренная концентрация ванадия в пробе, мкг/дм³;

$X_{д.}$ – измеренная концентрация ванадия в пробе с добавкой, мкг/дм³;

$C_{доб.}$ – концентрация добавки ванадия к пробе, мкг/дм³.

Результаты определения ванадия в высокоминерализованных водах представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Сорбционно-атомно-абсорбционное определение ванадия в высокоминерализованных водах

<i>Водопункт</i>	М, г/дм ³	Концентрация ванадия, мкг/дм ³		Концентрация ванадия, мкг/дм ³	X	S _x	S _r
		Проба без добавки	Проба с добавкой				
Хлоридная натриевая вода, г. Трускавец, скв. № 2-РГД	21,6	3,9	75,31	5,18	6,17	1,42	0,23
		3,9	50,03	7,80			
		3,9	45,69	8,54			
Хлоридная натриевая вода, г. Виноградов, скв. № 18-Г и №757	3,5	17,0±8,0	67,3±6,7	33,7±9,6	–	–	0,96
Хлоридная натриевая вода Куяльницкого лимана, Одесская обл., ДП «Клинический санаторий им. Пирогова»	198,9	17,64	85,93	18,08	14,75	3,09	0,21
		13,04	77,00	14,28			
		11,49	78,78	11,95			

Таким образом, предлагаемый метод устранения мешающего влияния макрокомпонентного состава минеральных вод, основанный на предварительном выделении и концентрировании микроколичеств ванадия на модифицированных з-меркаптопропильными группами кремнеземах при их последующем ЭТ ААС определении позволяет значительно уменьшить возникающие систематические погрешности и повысить точность получаемых результатов.

ВЫВОДЫ

1. Установлены оптимальные условия сорбции ванадия (V) на силикагелях, химически модифицированных меркаптопропильными группами и производными тиомочевины, которая происходит за счет комплексобразования с привитыми серосодержащими лигандами.
2. Исследована способность ионов V^{+5} взаимодействовать с функциональными группами сорбентов в зависимости как от их ионного состояния в водном растворе, так и от природы привитых лигандов.
3. Показано, что в результате взаимодействия V^{+5} с серосодержащими лигандами на поверхности сорбентов происходят окислительно-восстановительные процессы, в результате которых VO_3 восстанавливается до VO^{2+} , а тиольные (тионные) группы при этом окисляются до дисульфидов.
4. На основании полученных изотерм сорбции V^{+5} установлено, что на МПС сорбируются как оксокатионы, образующиеся в результате окислительно-восстановительных процессов, так и декаванадат-ионы. На сорбентах с привитыми производными тиомочевины происходит извлечение преимущественно мономерных форм ванадия. Отличие в сорбционном поведении ванадия на указанных сорбентах можно объяснить стерической доступностью привитых меркаптогрупп.
5. Установлено, что 100-кратный избыток хлорид-ионов не влияет на количественную сорбцию ванадия (степень сорбции составляет 98 %).
6. Указанный прием дает возможность выполнять ЭТ ААС анализ минеральных вод с концентрацией хлоридов до 188 г/дм³ с нижним пределом обнаружения 0,4 мкг/дм³.

Список литературы

1. Мінеральні води України / [Колесник Е.О., Бабов К.Д. та ін.]. – К.: Куприянова, 2005. – 576 с.
2. Сорбция ванадия (IV), ванадия (V), молибдена / З.А. Садикова, Т.И. Тихомирова, А.В. Лапук [и др.] // Журнал аналитической химии. – 1997. – Т. 52. – № 3. – С. 234.
3. Води мінеральні лікувальні. Технічні умови: ГСТУ 42.10-02-96 [Введ. 1996-06-24]. – К.: Міністерство охорони здоров'я, 1996. – 30 с. – (Галузевий стандарт України).
4. Модифицирование концентратов в комбинированных и гибридных атомных и молекулярных абсорбционных методах анализа / [Алемасова А.С., Симонова Т.Н. та ін.]. – Донецк: Изд – во «Вебер» (Донецкое отделение).Куприянова, 2009. – 182 с.
5. Ермаченко Л.А. Атомно – абсорбционный анализ с графитовой печью / Л.А. Ермаченко, В.М. Ермаченко– М.:, 1999. – 220 с.
6. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / Пупышев А.А. – М.: Техносфера, 2009. – 784 с.
7. Аналитическая химия ванадия / [Музгин В.Н., Хамзина Л.Б., Золотавин В.Л., Бузруков И.Я.] – М., 1981. – 215 с.
8. Патент № 49823 UA, МПК С 02F1/62. . Спосіб визначення важких металів у розчинах Трофимчук А.К., Латаева А.В., Чуенко А.В., Солодова Л.Б.; заяв. та патентовласник Укр НДІ МР та К. - № U 2009 12379; заявлено от 30.11.09. Оpub. 11.05.2010, Бюл. № 9.
9. Определение форм существования ванадия в водных растворах / М.Ф. Григорьева, Р. Ж. Жоссе [и др.] // Журнал аналитической химии. – 1995. – Т. 52. – № 10. – С. 1101.
10. Комплексообразующие переходы металлов на полимерном серосодержащем волокнистом лигандом / Л.С. Молочников, Е.Н. Бахус [и др.] // Журнал неорганической химии. – 1990. – Т. 35. – № 2. – С. 389.
11. Магльована Т.В. Адсорбція молібдену(VI), вольфраму(VI) і ванадію(V) на поверхні

модифікованих силікагелів: дис. ... кандидат хім. наук: 13.12.2007 / Магльована Тетяна В'ячеславівна – К.: КНУ, 2007. – 158 с.

12. МВВ 02012125.001:2009 Поверхневі та підземні води. Методика виконання вимірювань вмісту свинцю в поверхневих і підземних водах атомно-абсорбційним методом. Свідчення про атестацію методики № АМ 002.72 – 2009 від 12.11.2009.

Латаєва А.В. Сорбційне концентрування ванадію(V) з мінеральних вод на кремнеземах з присьднаними сірковмісними групами та його визначення атомно-абсорбційною спектрофотометрією / А.В. Латаєва, А.В. Чуєнко, О.А. Циганович, А.К. Трохимчук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 286-293.

Установлено оптимальні умови сорбції ванадію(V) на силікагелях, хімічно модифікованих меркаптопропільними групами та похідні тиосечовини. Виходячи з отриманих ізотерм сорбції V^{+5} установлено, що на меркаптопропільних силікагелях сорбуються оксокатіони та декаванадат-іони. У роботі досліджено вплив хлорид-іонів на пряме електротермічне атомно-абсорбційне (ЕТААС) визначення ванадію у мінеральних водах. Вказаний підхід дає можливість виконувати ЕТААС аналіз мінеральних вод з концентрацією хлоридів до 188 г/дм^3 з нижньою межею визначення $0,4 \text{ мкг/дм}^3$.

Ключові слова: ванадій, кремнезем, мінеральні води, сорбційне концентрування.

Lataeva A.V. Sorbition concentration of vanadium(V) from mineral waters on silica's with the added groups which are containing sulphur and his determination by an atomic-absorbtion spectrophotometry / A.V. Lataeva, A.V. Chuenko, O.A. Tsigunovich, A.K. Trofimchuk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 286-293.

The optimum terms of sorbition of vanadium(V) on silicagel are set, chemically modified by merkaptopropil groups and derivative tiourea. On the basis of the got isotherms persorption V^{+5} are set, that on merkaptopropil silicagel are sorbing oksocations and dekanavanadat-ions. Influence of chloride-ions on direct electro-thermal atomic-absorption (ETAAS) determination of vanadium in mineral waters is explored in work. The indicated approach enables to execute the ETAAS analysis of mineral waters with concentration of chlorides to 188 g/dm^3 with the low bound of the determination $0,4 \text{ mkg/dm}^3$.

Keywords: vanadium, silica, mineral water, sorption preconcentration.

Поступила в редакцію 14.11.2010 г.

УДК 546.824

ВЛИЯНИЕ ФОСФОНИЕВЫХ КИСЛОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ

Савчук О.А.¹, Борул С.Д.², Дремлюженко С.Г.², Томашик В.Н.¹, Юрийчук И.Н.²

¹*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева, Киев, Украина*

²*Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Черновцы, Украина*

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Показано, что введение в высокодисперсные системы CdTe фосфоросодержащих модификаторов приводит адсорбционному модифицированию поверхности частиц дисперсной фазы. Путем подбора композиций модификаторов и растворителей можно целенаправленно регулировать свойства указанных систем. Полученные результаты могут найти практическое применение при разработке новых композиционных материалов на основе CdTe, повышения эффективности методов синтеза и стабилизации наночастиц аналогичной природы.

Ключевые слова: Теллурид кадмия, высокодисперсная система, адсорбция, агрегативная и седиментационная устойчивость, коэффициент седиментационной устойчивости.

ВВЕДЕНИЕ

Уникальные свойства высокодисперсных и наноразмерных систем обусловили их широкое применение в ряде отраслей науки и техники. При переходе размеров частиц в наномасштаб начинают проявляться квантооразмерные эффекты, не характерные для объемных образцов [1, 2]. Главной проблемой нанохимии остается разработка методов получения монодисперсных систем стабильных в условиях эксплуатации приборов на их основе. Размеры наночастиц и молекул дисперсионной среды имеют приблизительно один порядок, что предопределяет специфику кинетики их химического взаимодействия. Высокая плотность частиц дисперсной фазы полупроводниковых наноразмерных систем, приводит к их агрегации и потере седиментационной устойчивости. Для стабилизации полупроводниковых наносистем при синтезе в качестве стабилизаторов широко применяются тиолы и фосфониевые кислоты. Роль этих веществ, механизм адсорбционного модифицирования поверхности частиц, проходящего во время синтеза высокодисперсных систем, остаются не полностью исследованными [3].

Установлено, что величины адсорбции веществ и структура адсорбционного слоя определяются не только характером взаимодействия адсорбат – адсорбент, но и энергией адгезионного взаимодействия в системе растворитель – адсорбент [4]. Существует возможность повышения монодисперсности коллоидных растворов теллурида кадмия с помощью селективного осаждения, стимулируемого электролитами [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследований использовали высокодисперсный теллурид кадмия, который получали путем измельчения монокристаллических блоков, выращенных методом Бриджмена. Теллурид кадмия получали из шихты, полученной из навесок исходных компонентов полупроводниковой чистоты (класса N6), взятых в стехиометрических соотношениях. Гранулометрический состав образцов приведен на Рисунке 1.

Размеры частиц находились в диапазоне 40 ÷ 450 нм (максимум 120 ÷ 150 нм). Отбор фракций высокодисперсного теллурида кадмия проводили фракционированием полученного порошка. Для исследований отбирали частицы, размеры которых находились в диапазоне 40 ÷ 150 нм.

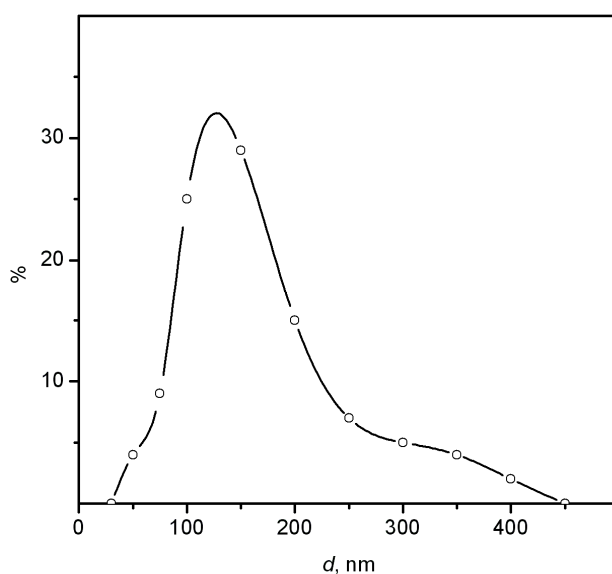


Рис. 1. Гранулометрический состав дисперсного CdTe.

В качестве веществ-модификаторов были выбраны анионактивные, фосфоросодержащие органические соединения, которые широко используются при синтезе наночастиц халькогенидов кадмия, в частности:

- тетрадецилфосфониевая кислота $C_{14}H_{29}-PO(OH)_2$ – (ТДТА); (Alpha Aesar)
- карбоксиэтилфосфониевая кислота $CO(OH)-CH_2-CH_2-PO(OH)_2$ – (СЕРА); (Aldrich)
- триоктилфосфиноксид $[CH_3(CH_2)_7]_3PO$ – (ТОРО); (Aldrich)
- гидроксэтилидендифосфониевая кислота $C_2H_8O_7P_2$ – (ОЭДФ);
- гидроксэтилидендифосфониевая кислоты монокалиевая соль $C_2H_7O_7KP_2$ – (ОЭДФК).

Коэффициент седиментационной устойчивости определяли как обратную величину тангенса угла наклона зависимости изменения оптической плотности (ΔD) от концентрации твердой фазы (С). Концентрация твердой фазы задавалась, как

начальное условие эксперимента. Исследования проводили на фотоэлектрическом колориметре КФК-2.

Адсорбцию добавок на поверхности частиц определяли с помощью интерферометра ЛИР-2 по изменением показателя интерференции до и после контакта адсорбента с раствором модификатора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для высокодисперсных систем наиболее распространенным методом регулирования седиментационной и агрегативной устойчивости является проведение адсорбционного модифицирования поверхности частиц, которое изменяет ее физико-химические характеристики. Адсорбция модификаторов, как правило, снижает величину поверхностной энергии, что способствует разрушению агрегатов в дисперсных системах, предотвращает возникновение коагуляционных контактов между частицами при их оседании [6].

Величина адсорбции, а также характер взаимодействия в системе адсорбат – адсорбент определяются как химической природой поверхности частиц дисперсной фазы, так и физико-химической природой модификаторов [6]. Вместе с тем, адсорбцию веществ на поверхности частиц дисперсной фазы из двух (и больше) компонентной системы можно рассматривать как конкурирующий процесс фиксации на поверхности раздела фаз молекул растворителя и вещества–модификатора.

Как показали исследование, изотермы адсорбции исследуемых веществ из воды, этанола и 2-пропанола на частицах теллурида кадмия, хорошо описываются уравнением Ленгмюра (рис. 2). Это свидетельствует о том, что формирование адсорбционного слоя на поверхности адсорбента происходит за счет адсорбции индивидуальных молекул исследуемых веществ. Процесс закрепления молекул адсорбата на поверхности адсорбента осуществляется за счет сил Ван-Дер-Ваальса, то есть имеет место физическая адсорбция. Адсорбция носит обратимый характер, что подтверждается опытами по десорбции веществ–модификаторов чистым растворителем. Ход изотерм свидетельствует о мономолекулярном характере адсорбции. Установлено, что величины адсорбции веществ и структура адсорбционного слоя определяются не только характером взаимодействия адсорбат – адсорбент, но и энергией адгезионного взаимодействия в системе растворитель – адсорбент. Адсорбционная способность исследуемых веществ на теллуриде кадмия из разных растворителей разная. Как видно из приведенных данных адсорбционная способность всех веществ расположилась в следующем ряду:

$$A_{\text{(этанол)}} - A_{\text{(вода)}} - A_{\text{(2-пропанол)}}$$

Адсорбция исследуемых веществ имеет максимальные значения при проведении процесса из этилового спирта. Большие значения предельной адсорбции в данном случае обусловлены высокой смачиваемостью поверхности теллурида кадмия этанолом, что облегчает молекулам добавки контакт с поверхностью адсорбента. Формирования насыщенного адсорбционного слоя из этанола происходит при более низких концентрациях, чем из воды или 2-пропанола (рис. 2). Вместе с тем относительно небольшие геометрические размеры молекул этанола, их

высокая подвижность практически не дают им возможности конкурировать с молекулами добавки при формировании адсорбционного слоя. При достижении динамического равновесия в системе проходит процесс обмена: адсорбированная молекула добавки – молекула добавки в растворе.

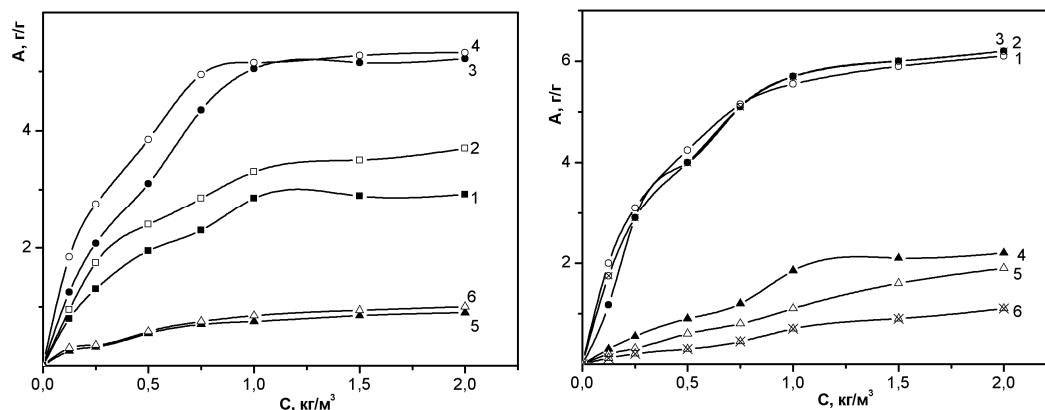


Рис.2. Изотермы адсорбции на поверхности CdTe А – СЕРА: 1 – из воды, 3 – этанола, 5 – 2-пропанола; ОЭДФК: 2 – из воды, 4 – этанола, 6 – 2-пропанола; Б – ТОРО 1 – из этанола, 4 – из 2-пропанола; ТДТА 2 – из этанола, 5 – из 2-пропанола; ОЭДФ 3 – из этанола, 6 – из 2-пропанола

Значение предельной адсорбции при проведении процесса из воды гораздо меньше, что обусловлено гидрофобной поверхностью частиц теллурида кадмия. Плохой контакт дисперсионной среды и поверхности адсорбента создает дополнительные трудности для закрепления молекул модификатора. Вместе с тем молекулы воды не образуют межмолекулярного ассоциата с молекулами модификатора и не конкурируют с ними при формировании адсорбционного слоя. В данных условиях формирование адсорбционного слоя проходит в области низких концентраций, причем при достижении динамического равновесия, как и в случае применения в качестве растворителя этанола, проходит лишь обмен молекулами добавки. То есть формирование адсорбционного слоя, его плотность и другие характеристики определяются энергией дисперсионного взаимодействия в нем между молекулами модификатора.

При применении в качестве дисперсионной среды изопропилового спирта полученные значения предельной адсорбции гораздо меньше, чем из этанола и воды. Вероятно, при формировании адсорбционного слоя из данного растворителя, его молекулы успешно конкурируют с молекулами растворенного вещества, что осложняет формирование насыщенного адсорбционного слоя молекулами модификатора. При достижении динамического равновесия возможен обмен адсорбированных молекул модификатора на молекулы растворителя и наоборот, что существенно изменяет его структуру. Вследствие этого, в области исследуемых концентраций, формирование насыщенного слоя не происходит. Кроме того,

необходимо учитывать возможность образования молекулярных ассоциатов между молекулами растворенного вещества и молекулами растворителя, что также влияет на адсорбцию исследуемых веществ.

Исследования показали, что при проведении модификации поверхности частиц теллурида кадмия большое значение играет природа и свойства растворителя. Растворители, молекулы которых имеют дифильное строение (этиловый и изопропиловый спирты), лучше смачивают поверхность частиц теллурида кадмия, что облегчает фиксацию молекул веществ-стабилизаторов. Вместе с тем увеличение молекулярной массы молекул растворителя и количества функциональных групп в молекуле приводит к тому, что при формировании адсорбционного слоя его молекулы способны успешно конкурировать с модификатором при формировании адсорбционного слоя на поверхности адсорбента. На поверхности раздела фаз при формировании адсорбционного слоя возникает сложное динамическое равновесие. Структура слоя образуется при активном участии молекул растворителя, которые также адсорбируются на поверхности частиц.

Проведенный анализ характеристик дисперсных систем, полученных при использовании в качестве дисперсионной среды воды, этанола и 2-пропанола при отсутствии стабилизаторов показал, что природа растворителя существенно влияет на седиментационную устойчивость частиц дисперсной фазы (рис. 3). Уменьшение диэлектрической проницаемости среды сопровождается снижением седиментационной устойчивости исследуемых систем. По абсолютным значениям коэффициента седиментационной устойчивости системы расположились в следующий ряд:

$$24,5 (2\text{-пропанол}) > 21,7(\text{вода}) > 17,5 (\text{этанол})$$

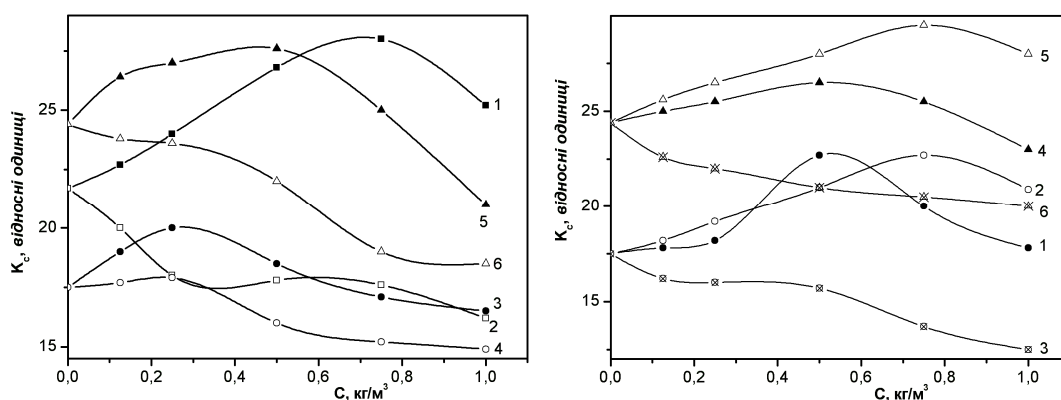


Рис. 3. Зависимость коэффициента седиментационной устойчивости А водных (1,2), этанольных (3,4), 2-пропанольных (5,6) суспензий CdTe от концентрации СЕРА (1,3,5), ОЭДФК (2,4,6); Б этанольных (1,2,3), 2-пропанольных (4,5,6) суспензий CdTe от концентрации ТОРО (1,4), ТДТА (2,5), ОЭДФ (3,6).

Эффективность действия веществ в 2-пропаноле несколько выше, чем в этаноле и воде, что обусловлено образованием межмолекулярных ассоциатов между молекулами растворителя и модификатора. Вероятно, ассоциаты образуются за счет взаимодействия гидроксильной группы молекулы изопропилового спирта и гидроксильных групп, содержащихся в молекулах модификаторов.

В водных и этанольных растворах также может происходить образование ассоциатов, но, учитывая большую подвижность подобные соединения не способны существовать долгое время. Молекулы изопропилового спирта имеют большую молекулярную массу и геометрические размеры, что уменьшает их подвижность, и время существования ассоциата молекула изопропилового спирта – молекула растворенного вещества возрастает.

Таким образом, процессы адсорбции и агрегации дисперсий взаимосвязаны и взаимообусловлены. Оптимальный выбор модификаторов для адсорбционного модифицирования поверхности возможен только при комплексном исследовании процессов адсорбции и агрегативной и седиментационной устойчивости системы.

Модификаторы, меняя физико-химическую природу поверхности частиц дисперсионной фазы и свойства дисперсионной среды, изменяют интенсивность контактных взаимодействий (характер и силу контактов между частицами).

В разведенных высокодисперсных системах, в случае, когда взаимодействие между частицами минимально, изменение седиментационной устойчивости является следствием изменения агрегативной. Агрегация частиц приводит к потере седиментационной устойчивости, дезагрегация – к ее увеличению.

ВЫВОД

Введение в высокодисперсные водные и спиртовые системы теллурида кадмия фосфоросодержащих модификаторов приводит к изменению их характеристик за счет образования на поверхности частиц дисперсионной фазы мономолекулярного адсорбционного слоя. Увеличение молекулярной массы молекул дисперсионной среды приводит к изменению структуры адсорбционного слоя за счет устойчивой фиксации молекул растворителя на поверхности частиц. Путем подбора композиций дисперсионная среда – модификатор можно целенаправленно влиять на устойчивость высокодисперсных систем теллурида кадмия. Полученные результаты могут найти практическое применение при создании новых композиционных материалов на основе полупроводников.

Список литературы

1. Сергеев Г.Б. Размерные эффекты в нанохимии / Г.Б. Сергеев // Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. – 2002. – Т.66, №5. – С.22–29.
2. Handbook of Nanostructured materials and Nanotechnology. Ed. H.S. Nalwa. V. 1-5. N.Y. Acad. Press, 1994.
3. Хайрутдинов Р.Ф. Химия полупроводниковых наночастиц / Р.Ф. Хайрутдинов // Успехи химии. – 1998. – Т.67, №2. – С.125–139.
4. Влияние природы растворителя на формирование адсорбционного слоя на поверхности высокодисперсного CdTe / С.Д. Борук, С.Г. Дремлюженко, І.М. Юрийчук [и др.] // Нові технології. – 2008. – №2 (20). – С. 222–225.

5. Халавка Ю.Б. Размер-селективное фракционирование коллоидных частиц CdTe, стабилизированных тиолами / Ю.Б. Халавка, П.И. Фейчук, Л.П. Щербак // Научный вестник Черновицкого университета, «Хімія» – 2005. – Вып. 270. – С. 18–24.
6. Шпака А.П. Коллоидно-химические основы нанонауки / А.П. Шпака, З.Р. Ульберг – Киев, «Академпертодика» – 2005 – 466 с.

Савчук О.А. Вплив фосфонієвих кислот на стійкість високодисперсних систем телуриду кадмію / О.А. Савчук, С.Д. Борук, С.Г. Дремлюженко, В.М. Томашик, І.М. Юрійчук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 294-300.

Показано, що введення у високодисперсні системи CdTe фосфоровмісних модифікаторів приводить адсорбційному модифікуванню поверхні часток дисперсної фази. Шляхом підбору композицій модифікаторів і розчинників можна цілеспрямовано регулювати властивості вказаних систем. Отримані результати можуть знайти практичне застосування при розробці нових композиційних матеріалів на основі CdTe, підвищення ефективності методів синтезу і стабілізації наночасток аналогічної природи.

Ключові слова: Телурід кадмію, високодисперсна система, адсорбція, агрегативна і седиментаційна стійкість, коефіцієнт седиментаційної стійкості.

Savchuk O.A. Influence of acids that contain phosphorus on stability of suspensions of finely dispersed powders cadmium of telluride / O.A. Savchuk, S.D. Boruk, S.G. Dremlyuzhenko, V.N. Tomashik, I.N. Yuriychuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 4. – P. 294-300.

It is set that introduction to the highly-dispersed systems of telluride cadmium and aerosols of containing phosphorus modifiers in inorganic (water) and organic (ethanol, isopropanol) solvents cause the change of their descriptions due to formation of adsorption layer on-the-spot particles of dispersible phase. The got results can find practical application at development of new composition materials on basis cadmium of telluride and aerosols.

Keywords: cadmium of telluride, aggregative and sedimentation stability, dispersible phase.

Поступила в редакцію 20.11.2010 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Агапонов
Николай Нефедович** Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский аграрно-технологический университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор
- Ананченко
Марина Николаевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: mermaid.ka@mail.ru
- Андреева
Наталья Алексеевна** Научно-исследовательский центр ВС Украины "Государственный океанариум", кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: nataliy-andreev@yandex.ru
- Баевский
Алексей Михайлович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры органической и биологической химии
- Баевский
Михаил Юрьевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биологической химии, тел. (0652) 602477, e-mail: b_m_y@mail.ru
- Белоусова
Ирина Михайловна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
- Бирюкова
Елена Александровна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, e-mail: biotema@rambler.ru.
- Богатина
Нина Ильинична** Физико-технический институт низких температур НАН Украины, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, e-mail: n_bogatina@rambler.ru.
- Божков
Анатолий Иванович** НИИ Биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, доктор биологических наук, профессор, директор
- Бойко
Георгий Евгеньевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, e-mail: boyko58@mail.ru
- Бойко
Ольга Владимировна** Севастопольский национальный технический университет, магистрант кафедры физики
- Борук
Сергей Дмитриевич** Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии и экологии производств, тел. (0372) 584899

Бугаенко Людмила Александровна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: kipubiology@gmail.com
Бугара Игорь Александрович	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, доцент кафедры ботаники, физиологии растений и биотехнологии, e-mail: bia.05@tnu.mail.ru
Буков Юрий Александрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физической реабилитации, тел. (0652)255047, e-mail: tnu-fr@rambler.ru.
Вяткина Оксана Валерьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и аналитической химии, e-mail: oksana_vyatkina@list.ru
Горная Оксана Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gornaya-o@ukr.net.
Гребенюк Анатолий Анатольевич	Таврический гуманитарно-экологический институт, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии
Гришковец Владимир Иванович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой физической и аналитической химии.
Гунчак Сергей Александрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры органической и биологической химии, e-mail: portoklik@mail.ru
Довгий Илларион Игоревич	Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, кандидат химических наук, заведующий кафедрой химических технологий ядерно-топливного цикла, e-mail: dovgy@ukr.net
Долгов Михаил Александрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, специализант кафедры биохимии.
Дремлюженко Сергей Григорьевич	Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича; кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физики полупроводников и наноструктур, тел. (0372) 584899
Евстафьева Елена Владимировна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии, тел. (0652) 294850, e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Журба Аркадий Георгиевич	7-я городская больница г. Симферополя, врач-интерн.
Журба Руслан Георгиевич	ГП «Крымстандартметрология», инженер.
Звягинцева Оксана Викторовна	Национальный технический университет "ХПИ", аспирант кафедры "Биотехнологии", e-mail: o_zvyagintseva@mail.ru
Зинченко Алина Александровна	Донецкий национальный университет, аспирант кафедры биофизики, e-mail: alinazina@gmail.com
Золотницкий Александр Петрович	Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, охраны окружающей среды и рационального природопользования, тел. (06561) 20045, e-mail: apz@kerch.net
Ллюха Лідія Михайлівна	Науково-дослідний інститут фізіології ім. М.Босого Черкаського національного університету ім. Б.Хмельницького, кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії та фізіології людини і тварин, e-mail: ilyuhaliidiya@mail.ua
Каганова Наталья Вениаминовна	Научно-исследовательский центр ВС Украины "Государственный океанариум", старший научный сотрудник
Какаян Елена Саркисовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, научный сотрудник НИЧ
Климова Елена Михайловна	ГУ "Институт общей и неотложной хирургии" АМН Украины, доктор биологических наук, профессор, зав. диагностической лаборатории
Костюк Александра Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur@crimea.edu
Коношенко Светлана Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедры биохимии
Кривоколыско Сергей Геннадиевич	Востокукраинский национальный университет им. Владимира Даля, доктор химических наук, профессор кафедры естественных дисциплин, тел: (0642) 505967, e-mail: ksg-group-lugansk@mail.ru
Лаврентьева Ирина Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 5 курса химического факультета

Лантушенко Анастасия Олеговна	Севастопольский национальный технический университет, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики, e-mail: lantushenko@mail.ru
Латаєва Анна Володимирівна	Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, тел. (048)–725-04-46, e-mail: lataeva@ukr.net
Леонов Владислав Валентинович	Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры лесного и садово-паркового хозяйства
Лизогуб Володимир Сергійович	НДІ ім. М. Босого Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, директор, доктор біологічних наук, професор, тел. (0472)500430
Лукьянчук Григорий Александрович	Севастопольский национальный технический университет, канд. техн. наук, ассистент кафедры радиотехники
Ляхова Инна Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирантка кафедры ботаники и физиологии растений и физиологии растений и биотехнологии, e-mail: inna_lyahova79@mail.ru
Макаричева Анна Алексеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент кафедры валеологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: anna.kovalenco@gmail.com
Мананкова Ольга Петровна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
Мартынова Анжела Анатольевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики.
Махин Сергей Анатольевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии
Минина Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
Овсянникова Наталья Михайловна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И.Георгиевского, кандидат биологических наук, кафедра медицинской физики и информатики, e-mail: nataly@csmu.strace.net

Орленко Андрей Николаевич	Херсонский государственный аграрный университет, старший преподаватель кафедры рыбоводства, тел. (0552) 419451, e-mail: orlenko_an@mail.ru
Павленко Владимир Борисович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: pavlenkovb@crimea.edu
Пертель Сергей Степанович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биологической химии, e-mail: orgchem@crimea.edu
Разумейко Владимир Николаевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, м.н.с, ассистент кафедры экологии и рационального природопользования, e-mail: razumeiko@gmail.com
Репецкая Анна Игоревна	Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного и садово-паркового хозяйства, директор Ботанического сада; тел. (0652) 517540, e-mail: anna.repetskaya@gmail.com.
Савушкина Ирина Геннадьевна	Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры лесного и садово-паркового хозяйства, тел. (0652) 517540, e-mail: limodorum2001@rambler.ru
Савчук Ольга Анатольевна	Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарева НАН Украины, аспирант
Саламатин Виктор Васильевич	Севастопольский национальный технический университет, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники
Сейт-Аблаева Султание Сейт-Важиповна	Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, ведущий специалист, тел.(0652) 517540, e-mail: sulta_nie@mail.ru
Симагина Наталья Олеговна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологии, e-mail:nsimagina@list.ru
Симчук Андрей Павлович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и рационального природопользования, e-mail: ecology@crimea.edu
Сытник Наталья Александровна	Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры экологии, охраны окружающей среды и рационального природопользования, тел. (06561)20045, e-mail: grifon1712@kerch.net

Тайкова Вера Павловна	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, кафедра ботаники, физиологии растений и биотехнологии, специалист-биолог, e-mail: tajkova@mail.ru
Темурьянц Наталья Арменаковна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur@crimea.edu.
Теплицкая Людмила Михайловна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и физиологии растений и биотехнологии, тел (0652) 608465
Томашик Василий Николаевич	Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарева НАН Украины, доктор хімічних наук, професор, вчений секретар Інституту фізики напівпрвідників НАН України
Трибрат Наталья Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tribratnatalia@rambler.ru
Трохимчук Анатолій Костянтинович	Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченко, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
Туманянц Елена Николаевна	Объединенная клиническая больница ст. Симферополь, кандидат медицинских наук, заведующая кабинетом КВЧ-терапии, e-mail: timur@crimea.edu.
Туманянц Кариэ Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, научный сотрудник по ПНИЛ, тел. (0652) 608603, e-mail: timur@crimea.edu.
Хоменко Сергій Миколайович	Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії та фізіології людини і тварин, тел. (0472)454423, e-mail: skhomenko@ukr.net
Циганович Олена Анатолівна	Інститут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренко НАН України, кандидат хімічних наук, науковий співробітник
Цикалов Виктор Валентинович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, преподаватель кафедры органической и биологической химии, тел. (0652)602477, e-mail: ts_v_v@mail.ru
Черненко Наталія Павлівна	Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, викладач кафедри анатомії та фізіології людини і тварин, тел. (0472)454423

Чёрный Сергей Васильевич	Крымский республиканский институт последипломного педагогического образования, кандидат биологических наук, доцент кафедры психологии и педагогики, м.н.с. НИЧ ТНУ, e-mail: neurolab@mail.ru
Чирва Василий Яковлевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической и биологической химии
Чусько Аполінарія Валентинівна	Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, тел. (048) 7250446, e-mail: center_hmn@te.net.ua
Чуян Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@ Rambler.ru .
Шаталов Владимир Михайлович	Донецкий национальный университет, доктор физико-математических наук, профессор кафедры биофизики, e-mail: vladishat@gmail.com
Шейкина Надежда Валерьевна	Национальный Фармацевтический университет, кандидат биологических наук, ассистент, e-mail: sheykina@ukr.net
Шехоткин Александр Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Шинкаревский Петр Васильевич	Республиканское высшее учебное заведение Крымский инженерно-педагогический университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, тел. (0652) 230365.
Шкорбатов Юрий Георгиевич	Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, доктор биологических наук, с.н.с.
Юрийчук Иван Николаевич	Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики полупроводников и наноструктур, тел. (0372) 584899
Юркова Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, биотехнологический центр, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nanosilver@ Rambler.ru
Юхименко Лілія Іванівна	Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кандидат біологічних наук, завідувач кафедри анатомії та фізіології людини і тварин, тел. (0472)454423, e-mail: liyukhimenko@ukr.net

**Ярмолюк
Наталья Сергеевна**

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
аспирант кафедры физиологии человека и животных и
биофизики, e-mail: nat_yarm@mail.ru

**Яковишин
Леонид
Александрович**

Севастопольский национальный технический университет,
кандидат химических наук, доцент кафедры физики,
e-mail: chemsevntu@rambler.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Агапонов Н.Н., Бойко Г.Е.

ОПЫТ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ «ПЕСЧАНО-ОВРАЖНЫХ ПАРТИЙ»
В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ ЦАРСКОЙ РОССИИ И ЕГО ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ
ДЛЯ УКРАИНЫ..... 3

Ананченко М.Н., Чуюн Е.Н.

ПОКАЗАТЕЛИ ОБЪЕМНОГО КРОВОТОКА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМИ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫМИ ТИПАМИ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ
НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 13

Андреева Н.А.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ОБЩЕГО СОСТАВА И ОТДЕЛЬНЫХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОБНЫХ ЦЕНОЗОВ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ
ПУТЕЙ ДЕЛЬФИНОВ АФАЛИН (*TURSIOPS TRUNCATUS*),
СОДЕРЖАЩИХСЯ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ..... 25

Бирюкова Е.А., Чуюн Е.Н.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ
ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО
ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ (ЧАСТЬ II) 34

Богатина Н.И., Шейкина Н.В.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТЕНИЯ 45

Бойко О.В., Лантушенко А.О., Лукьянчук Г.А., Саламатин В.В., Шкорбатов Ю.Г.

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ МОБИЛЬНОЙ
СВЯЗИ И СЕТИ WIMAX НА СОСТОЯНИЕ ХРОМАТИНА КЛЕТОК
БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ЧЕЛОВЕКА..... 56

Бугаенко Л.А.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТОЧНЕНИЯ ПУТЕЙ
БИОСИНТЕЗА МОНОТЕРПЕНОИДОВ У МЯТЫ..... 66

Буков Ю.А., Белоусова И.М.

КАПНОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ РЕСПИРАТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ И ТЕКУЩЕГО
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ..... 72

Евстафьева Е.В., Овсянникова Н.М.

МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: ПЕРВЫЕ ШАГИ АПРОБАЦИИ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМА 78

Журба Р.Г., Журба А.Г., Симчук А.П.

ВЛИЯНИЕ ДНК ГЕННОМИДИФИЦИРОВАННЫХ СОИ GTS 40-3-2 И КУКУРУЗЫ
MON810 НА ШТАММЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ *E. COLI* O-55 И M-17..... 89

Зинченко А.А., Шаталов В.М. ДЕГАЗАЦИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ МЕНЯЕТ СКОРОСТЬ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ	95
Ілюха Л.М. ПОРІВНЯЛЬНЕ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РІНЕНЦЕФАЛЬНИХ СТРУКТУР ССАВЦІВ.....	103
Каганова Н.В. ПРИНЦИП ОТБОРА СТРЕССОУСТОЙЧИВЫХ ОСОБЕЙ ДЕЛЬФИНОВ-АФАЛИН (<i>TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS</i> BARABASH, 1940).....	111
Климова Е.М., Звягинцева О.В., Божков А.И. ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЙ И КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМОРАЛЬНЫХ СЫВОРОТОЧНЫХ ФАКТОРОВ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ СЕРНОКИСЛОЙ МЕДИ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ.....	117
Коношенко С.В., Долгов М.А. ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРИКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И ПРОДУКТОВ РАСПАДА БЕЛКОВ В ЭРИТРОЦИТАХ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.....	125
Лизогуб В.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М., Черненко Н.П. СЕРЦЕВИЙ РИТМ У ОСІБ З РІЗНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ РУХЛИВІСТЮ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СЛУХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ	131
Ляхова И.В., Теплицкая Л.М. ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЯН ЯЗВЕННИКА КРЫМСКОГО (<i>ANTHYLLIS TAURICA</i> JUZ.) И ПРОЦЕССА ИХ ПРОРАСТАНИЯ В УСЛОВИЯХ <i>IN VITRO</i>	137
Макаричева А.А., Павленко В.Б., Мартынова А.А., Чёрный С.В. ВЗАИМОСВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ПРЕДЪЯВЛЕНИЕМ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ СТИМУЛОВ, С ТЕКУЩИМ ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЧЕЛОВЕКА ...	145
Мананкова О.П. ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА ПЛОДООБРАЗОВАНИЕ СЕМЕННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ КРЫМА.....	151
Минина Е.Н. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕСТИБУЛО-ОЛЬФАКТОРНО-ВЕГЕТАТИВНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КОРРЕКЦИИ.....	158
Разумейко В.Н. БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМАРОВ <i>P. CULEX</i> (<i>DIPTERA</i> , <i>CULICIDAE</i>) В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ КРЫМА	165

Репецкая А.И., Савушкина И.Г., Леонов В.В., Сейт-Аблаева С.С. ГОЛОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО.....	174
Симагина Н.О. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	181
Сытник Н.А., Орленко А.Н., Золотницкий А.П. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПЛОДОВИТОСТЬ И СКОРОСТЬ ГЕНЕРАТИВНОГО РОСТА УСТРИЦЫ (<i>OSTREA EDULIS L.</i>).....	188
Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Туманянц К.Н., Костюк А.С., Туманянц Е.Н. ИЗМЕНЕНИЯ НОЦИЦЕПЦИИ У МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX ALBESCENS</i> ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАЛОКСОНА.....	196
Трибрат Н.С., Чуян Е.Н. МОДУЛЯЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ЧАСТЬ II).....	207
Черный С.В., Махин С.А., Макаричева А.А., Гребенюк А.А. ОТРАЖЕНИЕ АГРЕССИВНОСТИ В ПАТТЕРНАХ ВЫЗВАННЫХ ЭЭГ-ПОТЕНЦИАЛОВ.....	216
Чуян Е.Н., Горная О.И. ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО И ОСТРОГО СТРЕССА (ЧАСТЬ II)	222
Шинкаревский П.В. КОЭФФИЦИЕНТ ФРАКТАЛЬНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫЙ МЕТОДОМ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ АЛКОГОЛЬСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ	232
Юркова И.Н., Тайкова В.П., Бугара И.А., Теплицкая Л.М. КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СЕЛЕНА КАЛЛУСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ <i>ASTRAGALUS</i> <i>DASIANTHUS</i> (PALL.).....	239
Ярмолук Н.С., Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНАРИЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> С РАЗЛИЧНЫМИ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ.....	245

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Баевский А.М., Цикалов В.В., Баевский М.Ю. КОНДЕНСАЦИЯ НЕНАСЫЩЕННЫХ ОКсаЗОЛ-5-ОНОВ С БИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ АМИНАМИ.....	253
Вяткина О.В., Лаврентьева И.В. КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ РЕДЬКИ ЧЕРНОЙ ИММОБИЛИЗОВАННОЙ НА БЕНТОНИТЕ В ВОДНЫХ СИСТЕМАХ С ГИДРОХИНОНОМ	260
Гришковец В.И., Довгий И.И., Яковишин Л.А. ГЕМОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ СЕМЕЙСТВА АРАЛИЕВЫХ.....	268
Гунчак С.А., Пертель С.С., Какаян Е.С., Чирва В.Я. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К 4,6-О-БЕНЗИЛИДЕНИРОВАНИЮ N-АЦЕТИЛ-D- ГЛЮКОЗАМИНА В СРЕДЕ АПРОТОННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ	276
Кривоколыско С.Г. МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩИХ ПИРИДИНОВ.....	282
Латаева А.В., Чуенко А.В., Цыганович Е.А., Трофимчук А.К. СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ВАНАДИЯ(V) ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НА КРЕМНЕЗЕМАХ С ПРИВИТЫМИ СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ГРУППАМИ И ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЕЙ	286
Савчук О.А., Борук С.Д., Дремлюженко С.Г., Томашик В.Н., Юрийчук И.Н. ВЛИЯНИЕ ФОСФОНИЕВЫХ КИСЛОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ	294
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	301
СОДЕРЖАНИЕ	309